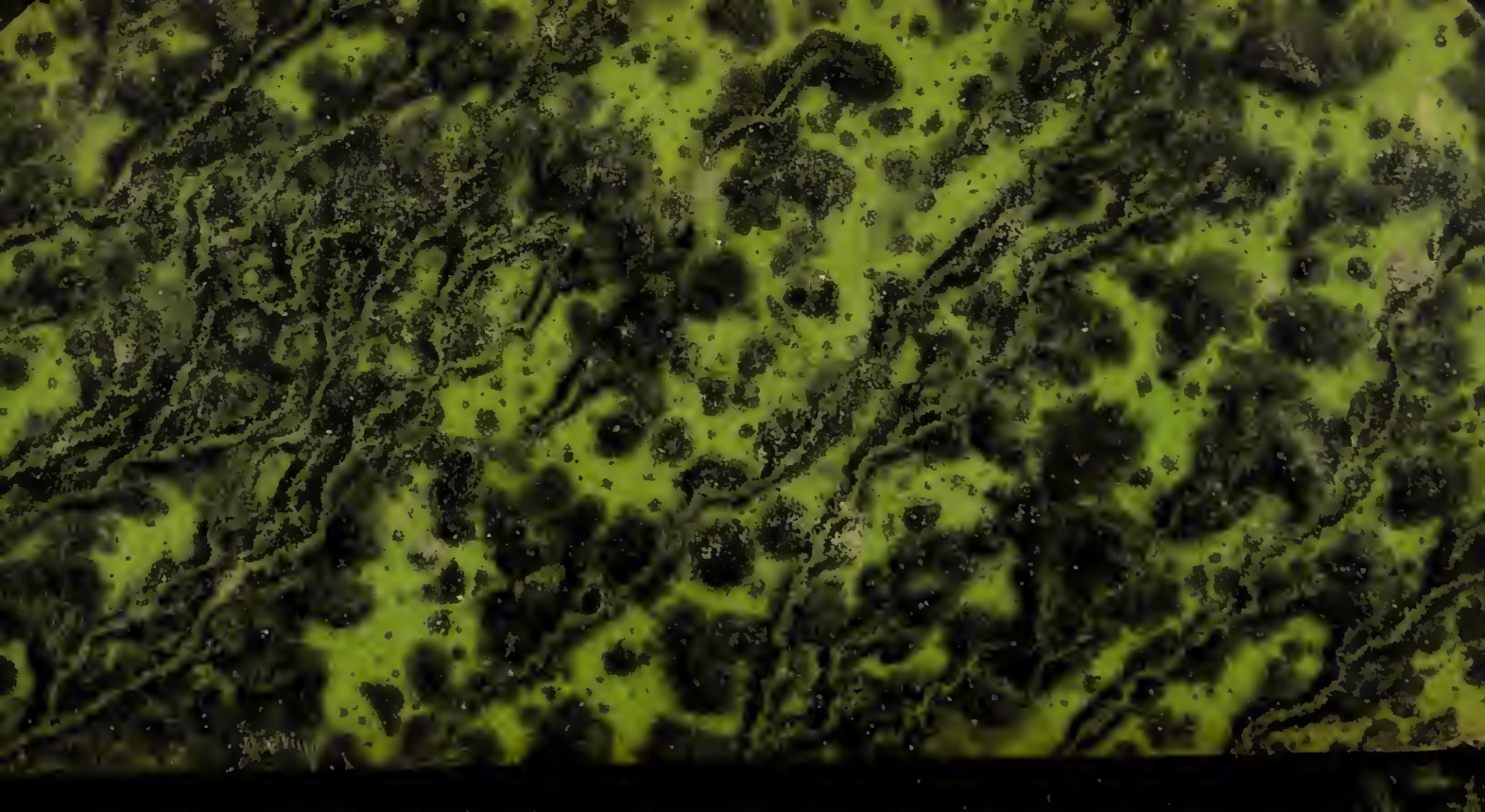


Le Baron Cuvy
Le Thoulouzan

38823/A

LEÇONS
DE PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE.

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE;

PAR M. L'ABBÉ NOLLET, de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, etc. Maître de Physique et d'Histoire Naturelle des Enfants de France, et Professeur Royal de Physique Expérimentale au Collége de Navarre.

TOME CINQUIEME.

DIXIEME ÉDITION.

A PARIS,

Chez SERVIERE, Libraire, rue du Foin-Saint-Jacques.

AN 10. — (1802.)

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY

AVERTISSEMENT.

CET OUVRAGE ayant eu le bonheur de plaire au Public, je me suis appliqué de plus en plus à le rendre digne de son suffrage. Je veille moi-même très-soigneusement à l'impression et à la réimpression des Volumes, pour les rendre corrects, et je n'épargne rien pour le papier, les dessins et la gravure; mais je vois avec chagrin que ces attentions de ma part n'ont pas tout le succès que j'en attendois. Il se répand en France et dans les pays étrangers des Exemplaires contrefaits qui fourmillent de

fautes, et qui se ressentent, on ne peut pas plus, de la disette où l'on est en Province de Correcteurs intelligents, exacts, et de Graveurs propres à ces sortes d'Ouvrages. Je supplie donc les personnes qui auront fait emplette de ces mauvaises copies, de vouloir bien ne me point imputer les négligences, les obscurités, les omissions, les contre-sens qu'elles y trouveront; je désavoue entiérement ces Editions furtives; et ne reconnois pour mon Ouvrage, que ce qui est contenu dans celles qui se font sous mes yeux, à Paris, chez les sieurs *Guérin* et *Delatour*.

Ces mêmes Libraires m'ont re-

présenté que ce cinquieme Tome de mes Leçons de Physique ayant 100 pages d'impression et 4 ou 5 planches en taille-douce plus que les précédents, il ne leur étoit pas possible de le vendre au prix ordinaire; j'ai consenti à une augmentation de 10 sous pour ce volume seulement, et sans tirer à conséquence pour les autres; de sorte, qu'au lieu de 2 liv. 10 s., il se vendra 3 livres en feuilles, et 3 liv. 2 s. 6 den., broché.

AVIS AU RELIEUR.

Les planches doivent être placées de maniere qu'en s'ouvrant elles puissent sortir entiérement du livre, et se voir à droite, dans l'ordre qui suit.

TOME CINQUIEME.

	Pages.	Planches.
XV.e Leçon.	64	1
	78	2
	116	3
	138	4
XVI.e Leçon.	178	1
	194	2
	206	3
	226	4
	242	5
	270	6
	294	7
	310	8
	318	9
	334	10
XVII.e. Leçon.	362	1
	376	2
	402	3
	426	4
	480	5
	528	6
	550	7
	556	8
	566	9
	580	10

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

XV. LEÇON.

Sur la Lumiere.

PLUS nous avançons dans l'étude de la nature, plus nous sommes frappés de la grandeur et du nombre des merveilles qui s'y rencontrent. Dans les deux dernieres Leçons, nous avons vu comment tout subsiste et se conserve au milieu d'un élément capable de tout détruire, de tout consumer: nous avons vu le feu intimement mêlé avec toutes les autres substances matérielles, sans que rien périsse par

XV. LEÇON.

XV. LEÇON.

son action spontanée ; parce que cette action toujours trop foible d'elle-même et comme assoupie, ne peut être excitée ou augmentée que par certains moyens dont l'homme est seul dépositaire, parmi tant d'êtres animés qui en ressentent comme lui les effets. Présentement, il s'agit d'un fluide, qui, nous faisant passer dans un clin d'œil des plus épaisses ténebres à cet état inexprimable qu'on nomme clarté, nous donne presque une autre existence, nous fait sortir, pour ainsi dire, hors de nous-mêmes, pour aller au-devant des objets les plus éloignés, et pour entrer en commerce avec eux. La *lumiere* qui nous procure ces grands avantages, nous rend encore capables de diriger nos mouvements avec sûreté, et de mettre dans nos actions l'ordre et la mesure qui leur conviennent : elle donne la couleur et l'éclat à toutes les productions de la nature et de l'art ; elle multiplie l'univers en le peignant dans les yeux de tout ce qui respire.

Cet être admirable et presque incompréhensible, que les anciens ont

regardé comme un accident de la matiere, et que quelques auteurs très-distingués de ces derniers temps ont voulu mettre dans une classe moyenne au-dessus des corps, n'osant pas sans doute l'élever jusqu'au rang des esprits ; cet être, dis-je, si difficile à saisir et à dévoiler quand il s'agit de sa nature et de sa propagation, se soumet assez aisément au calcul, aux mesures, à l'expérience, lorsqu'on s'en tient à examiner ceux de ses mouvements qui ont un rapport plus direct et plus prochain avec nos sens. Si nous sommes donc obligés de nous arrêter à des hypotheses et à des raisonnements seulement plausibles, pour satisfaire à des questions de pure curiosité, nous pouvons dire que dans celles dont la solution nous intéresse davantage, nous avons à offrir des connoissances plus certaines et mieux établies.

Pour suivre les unes et les autres avec ordre, examinons d'abord ce que c'est que la lumiere, où elle réside, et comment elle se répand de sa source dans l'espace qu'elle éclaire.

Considérons en second lieu les direc-

XV. LEÇON.

tions qu'elle affecte de suivre dans ses mouvements, ce qui peut l'en faire changer, et les routes qu'elle prend quand elle en change.

Essayons ensuite de la décomposer, et voyons quelles sont les propriétés de ses parties séparées les unes des autres.

Enfin, parcourons les principaux effets de la lumiere, tant simple que composée, relativement à l'organe de la vue et aux instruments qui aident ou qui augmentent la vision.

PREMIERE SECTION.

De la nature et de la propagation de la Lumiere.

J'ENTENDS par le mot de *lumiere* le moyen dont la nature a coutume de se servir pour affecter l'œil de cette impression vive et presque toujours agréable qu'on appelle *clarté*, et pour nous faire appercevoir la grandeur, la figure, la couleur, la situation des objets qui sont hors de nous-mêmes à une

distance convenable. Ce moyen, quel qu'il soit, est un être distingué du corps visible et de l'organe ; il réside comme intermede entre l'un et l'autre, et il occupe par lui-même et par son action l'intervalle qui les sépare : sans cela il me paroît impossible de comprendre comment un corps peut agir sur un autre corps. XV. Leçon.

Mais cet agent qui transmet à l'œil l'action du corps lumineux ou illuminé, doit être lui-même quelque chose de matériel : autrement comment pourroit-il recevoir et communiquer une modification qui ne peut convenir qu'à la matiere ? comment pourroit-il être touché ou agité physiquement par l'objet visible, et toucher de même l'organe sur lequel il se fait sentir ? Cette réflexion seule devroit suffire pour nous faire comprendre que la lumiere est l'effet d'une matiere en mouvement ; mais cette vérité se montre d'ailleurs par tant d'endroits, qu'il est impossible de la révoquer en doute, pour peu qu'on raisonne suivant les principes les plus généralement reçus en Physique. Pourquoi, par exemple, ne peut-on pas regarder

XV. LEÇON.

le soleil en face ? Par quelle raison les gens qui ont la vue tendre ne voyent-ils qu'avec peine ayant les yeux ouverts sur la neige ou sur un terrein blanc ? D'où vient qu'une personne accoutumée à dormir dans une chambre bien obscure, s'éveille plus tôt que de coutume, si l'on a oublié de fermer les volets de ses fenêtres ? Tous ces effets ne prouvent-ils pas que la lumiere nous touche, nous incommode, nous blesse même, quand ses impressions se font mal-à-propos, ou qu'elles sont trop fortes ? et quelle autre substance qu'une matiere, peut se faire sentir ainsi sur nos corps ? D'ailleurs, nous sommes les maîtres d'augmenter, de diminuer, de renfermer la lumiere dans un espace ; tous les jours il nous arrive de mesurer ses mouvements, de la détourner, de lui opposer des obstacles : nous ne pourrions pas en user ainsi avec un être immatériel, parce qu'il seroit insaisissable à nos sens et à nos efforts.

Nous conviendrons donc avec tous les physiciens de nos jours, que ce qui répand la clarté dans un lieu, ce qui rend visibles les objets qu'on y

apperçoit, est une vraie matiere, dont l'action peut être plus ou moins forte suivant les circonstances. Mais quelle est cette matiere, et comment se trouve-t-elle dans le lieu où elle se fait sentir ? c'est une autre question sur laquelle les sentiments sont partagés.

Selon la pensée de Descartes et de ceux qui suivent exactement sa doctrine, la matiere propre de la lumiere est un fluide immense, dont les parties plus petites qu'on ne le peut dire, et arrondies en forme de globules, remplissent uniformément et sans interruption toute la sphere de notre univers : le soleil qui en occupe le centre, les étoiles fixes qui en sont comme les limites, et tous les corps qui s'enflamment, sur la terre et ailleurs, animent cette matiere par un mouvement qui ne la transporte pas d'un lieu dans un autre, mais qui l'agite par une espece de trémoussement, en quelque façon semblable à celui qui fait le son dans l'air ; de sorte que l'astre ou le corps flamboyant devient par-là le centre d'une sphere lumineuse, à peu près de même qu'une cloche, ou tout autre corps sonore qu'on met

XV. LEÇON.

en action, fait résonner au loin et de toutes parts la masse d'air, au milieu de laquelle il est placé.

Quand on attribue, comme Descartes, aux parties de cet élément qui porte la lumiere, ou dont l'action est la lumiere même, une contiguité parfaite et une inflexibilité à toute épreuve, on se met en droit de dire avec lui, qu'il ne faut qu'un instant indivisible pour transmettre l'impulsion du corps lumineux à la plus grande distance : une file de ces globules, aussi longue qu'elle puisse être, étant pressée par un bout, doit agir en même-temps par l'autre, comme une tringle de fer ou de bois transmet sans aucun retardement sensible le coup de marteau qu'on imprime à l'une de ses extrémités, ou comme on voit le choc d'une boule d'ivoire passer subitement par un grand nombre de boules semblables qui se touchent, ayant leurs centres dans la même ligne : et cette prétention répond fort bien au mouvement de la lumiere qui paroît instantanée, parce que nous lui voyons parcourir sur la terre des espaces considérables

dans des temps si courts, que nous avons presque rénoncé à l'espérance et au dessein de les mesurer. XV. LEÇON.

Telle a été l'opinion de Descartes sur la nature de la lumiere, et sur sa maniere de se répandre : opinion qui a dû souffrir quelques changements ; parce qu'on a fait depuis certaines découvertes qui l'exigeoient ; mais dont le fonds qui peut subsister, me semble si naturel, si plausible, si commode pour rendre raison des phénomenes, que je ne crains pas de dire, qu'elle eût été l'opinion de tout le monde, si des intérêts particuliers n'y eussent mis empêchement. Newton lui-même l'auroit peut-être adoptée, si un milieu résistant dans la vaste étendue des Cieux lui eût paru compatible avec le systême des attractions, ou s'il eût osé dire bien ouvertement que la lumiere est un être incapable de résistance.

Suivant le sentiment de ce grand homme (*a*) et de ceux qui sont

(*a*) C'est aussi l'opinion de Gassendi et de quelques autres philosophes modernes qui ont précédé Newton, et qui ont suivi en cela les idées de Démocrite et d'Épicure.

XV. Leçon.

attachés à ses principes, la lumiere est une émanation réelle du corps lumineux : le soleil lance continuellement autour de lui des rayons de sa propre substance, qui s'étendent jusqu'aux extrémités de la sphere du monde, et ses rayons sont composés de parties qui se succedent et se renouvellent perpétuellement dans le même lieu avec toute la vîtesse que nous fait appercevoir la propagation de la lumiere : chaque étoile fixe en envoie de même dans toutes les directions imaginables ; et par une suite nécessaire de cette hypothese, le flambeau qu'on allume pendant la nuit au milieu d'une grande plaine, n'y devient visible qu'en remplissant à chaque instant de ses écoulements lumineux un espace hémisphérique qui peut avoir plus de deux lieues de diametre.

Ainsi, selon ce dernier systême, la lumiere, ou ce qui nous fait voir les objets, est tantôt une substance céleste qui part des astres, tantôt une matiere terrestre que l'inflammation développe ; mais de quelque source qu'elle vienne, elle coule avec une rapidité

dont rien n'approche, et ses parties se divisent, se raréfient, s'étendent au point de former des volumes qui tiennent du prodige, eu égard au petit espace qui les contenoit auparavant, et au peu de temps qu'il faut pour leur faire prendre une si grande étendue.

S'il faut prendre un parti entre ces deux opinions, j'avoue franchement que la vraisemblance me détermine pour la premiere. Elle a pourtant ses difficultés que je ne dissimulerai pas; et je n'y veux souscrire qu'avec les restrictions et les changements que les observations et l'expérience y ont fait faire, et que Descartes lui-même n'eût pas manqué d'y introduire conformément à sa méthode, s'il eût assez vécu pour en voir la nécessité. Mais avec ces conditions, il me semble qu'on est bien plus à son aise pour concevoir l'origine, la propagation et les effets de la lumiere, qu'en supposant des émissions effectives continuelles et opposées entr'elles : ce qui met dans la nécessité d'imaginer les accidents les plus bizarres, pour prévenir ou réparer l'épuisement des astres, et des principes que la saine Physique désa-

XV. LEÇON.

voue : pour concilier des mouvements contraires qui devroient se détruire réciproquement, ou perdre leurs premieres directions, des modes ou manieres d'être dans la matiere, aussi nouveaux qu'incompréhensibles, pour se débarrasser d'une surabondance de rayons qui devroient avoir comblé toutes les planetes depuis le temps qu'elles y sont exposées, et pour tâcher de trouver le vuide dans l'espace des cieux, par où les Newtoniens même ne peuvent se dispenser de faire passer tous ces torrents de lumiere.

Je trouve donc que l'on fait moins de violence aux idées établies, et qu'on se rend plus intelligible, en disant avec Descartes : « Les objets » visibles, ainsi que les yeux, par les- » quels ils doivent être apperçus, sont » toujours plongés dans un fluide qui » s'étend sans interruption des uns » aux autres : cette matiere intermé- » diaire est susceptible d'une espece de » mouvement qui lui est propre, et qui » ne peut être senti qu'au fond de » l'œil, de même qu'il ne peut être » excité que par des corps flamboyants

» ou comme tels. Dès quelle est agi-
» tée de cette maniere, l'organe pla-
» cé en quelqu'endroit que ce soit de
» la sphere d'activité, ne manque pas
» d'en être affecté, et à cette occasion
» l'ame apperçoit et juge à une certai-
» ne distance, et dans la direction du
» mouvement qui a fait impression,
» l'objet qui en est la cause. »

Si l'on a peine à croire que les choses puissent se passer ainsi, on pourra se le persuader, en réfléchissant sur l'usage d'un autre sens, destiné comme la vue à nous faire connoître les objets qui sont hors de nous. Comment entendons-nous la voix d'un homme qui nous parle de loin pendant la nuit ? Est-ce par des portions d'air rendues sonores dans la bouche, et qui traversent ensuite tout l'espace qui est entre cet homme et nous, pour venir frapper nos oreilles ? On sait bien que cela ne se fait point ainsi : on sait qu'une même masse d'air d'une très-grande étendue reçoit sans se déplacer l'action ou le trémoussement du corps sonore dans toutes ses parties, et que toute oreille saine qui s'y trouve plongée, participe au son

XV. LEÇON.

que ce fluide transmet par la contiguité de ses molécules. Cet exemple, que personne ne révoque en doute, ne suffit-il pas pour nous porter à croire que le corps lumineux, de même que le corps sonore, fait passer son action à l'organe par un fluide qui lui sert de véhicule ?

Mais quel est ce fluide subtil, qui peut ainsi, en tout temps et en tout lieu, nous faire passer en un instant des ténebres les plus épaisses à la plus brillante clarté ?

Les effets du feu portés jusqu'à l'inflammation, le font briller à nos yeux, et la clarté qu'il répand s'étend beaucoup au-delà de l'espace où il fait naître la chaleur : d'un autre côté les rayons du soleil, qui sont comme la source principale de la lumiere qui éclaire notre globe, échauffent et enflamment tout ce qu'on y expose, lorsque leur action est augmentée par le moyen des miroirs, ou autrement. Si la lumiere brûle et que le feu éclaire, n'est-il pas raisonnable de penser qu'un seul et même élément produit ces deux effets ; et que si l'un se voit sans l'autre, c'est que tous

deux ne dépendent pas des mêmes circonstances, quoiqu'ils aient un seul et même principe? Cette pensée s'accorde bien avec la simplicité et l'économie qu'on voit régner dans toutes les opérations de la nature; on peut l'admettre au moins comme une hypothese très-vraisemblable, quoiqu'elle déroge à celle de Descartes, qui faisoit dépendre la lumiere et la chaleur de deux éléments différents. XV. LEÇON.

Si l'on se détermine bien à croire que la matiere du feu est présente dans presque toutes les substances qui appartiennent à la terre, parce qu'on les voit s'échauffer sensiblement, et même s'embrâser par des chocs et des frottements extérieurs, ou par des mouvements intestins qu'on y excite, comme je l'ai fait voir dans la 13e. Leçon, on peut se persuader aussi par quantité d'exemples tirés des trois regnes de la nature, que la lumiere est également présente par-tout, au-dedans comme au-dehors des corps, et qu'il ne lui manque, pour se rendre sensible à nos yeux, qu'un certain mouvement et un milieu propre à le transmettre. Plusieurs de ces exem-

XV. LEÇON.

ples font voir à quiconque n'a point de préjugé contraire, que ce qui brille à la surface d'un corps, peut aussi faire naître et entretenir de la chaleur au-dedans, si quelque circonstance de plus occasionne ou favorise cet effet. Ceci peut se prouver par les expériences suivantes.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut écrire de grands caracteres sur un carton noir avec un bâton de ce phosphore dont il est fait mention dans la 4e Exp. de la 13e Leçon *, et porter ensuite ce carton dans un lieu bien obscur.

* *Tome 4. p. 229 et suiv.*

EFFETS.

Les caracteres paroissent très-lumineux : s'il fait chaud, leur lumiere est plus vive, mais elle se dissipe plus promptement ; elle dure davantage et souffre quelques intermittences, quand il fait froid ou humide : on la fait disparoître entiérement en soufflant brusquement dessus avec la bouche

ou avec un soufflet : après quoi elle se ranime d'elle-même ; le frottement la fait briller avec plus de force ; et si c'est avec le doigt que l'on continue de frotter, cette lumiere devient un feu sensible qui peut brûler la peau et causer une douleur assez vive ; pendant tout le temps que dure cette lumiere, il s'éleve continuellement aux endroits où les caractères sont marqués, une vapeur blanchâtre qui a toute l'odeur du phosphore.

EXPLICATION.

Les caracteres formés avec le phosphore sur le carton doivent être considérés comme une légere couche de cette matiere que le frottement a détachée de la petite masse qui a la forme d'un crayon. La même cause en détachant ainsi les parties du phosphore, a mis en action le feu élémentaire qu'elles renferment naturellement ; et comme elles sont toutes prêtes à céder à cette action dès qu'elles sont étendues et comme isolées sur une surface qui n'est couverte que d'air, elles se désunissent, se dissipent et laissent à découvert la petite

XV. LEÇON.

portion de feu qu'elles renfermoient entr'elles.

Ce sont ces parties propres (*a*) du phosphore qu'on voit s'exhaler en une fumée blanche, lorsque cette petite explosion est passée. Si le vent les dissipe auparavant, l'éclat de lumiere qu'elles devoient produire n'a pas lieu ; les caracteres cessent d'être lumineux jusqu'à ce que de nouvelles parties, cédant d'elles-mêmes au feu intérieur qui les anime, ne quittent que par cette cause le carton sur lequel elles tiennent.

Ce qui prouve bien, selon moi, que cette dissipation des parties du phosphore est causée par une force interne et non par l'action du fluide ambiant, c'est qu'elle est plus prompte et plus grande dans le vuide que dans l'air libre : je l'ai expérimenté plusieurs fois, en coupant en deux parties égales,

(*a*) J'entends ici par les parties propres du phosphore, les autres substances avec lesquelles la matiere du feu est unie ; je ne fais cette distinction que pour m'expliquer plus commodément : à parler exactement, le feu élémentaire est une des parties propres du phosphore ; sans lui, les autres principes composants ne seroient jamais phosphore.

une carte sur laquelle j'avois tracé des lignes avec du phosphore, et en mettant l'un des deux morceaux dans un récipient de machine pneumatique où l'air étoit extrêmement raréfié, tandis que l'autre restoit sur une table dans la même chambre : si celui-ci continuoit de luire pendant 25 minutes, il s'en falloit au moins de 5 ou 6 que la lumiere du premier ne durât autant ; mais elle étoit toujours bien plus vive.

La chaleur doit occasionner le même effet que le vuide, comme je m'en suis assuré aussi par l'expérience ; la suppression du poids de l'atmosphere ou de sa pression est un obstacle de moins ; les parties du phosphore étendues sur le carton en sont plus libres de se désunir en cédant à la force expansive qui les sollicite à le faire : quelques degrés de chaleur de plus dans le lieu où se fait l'expérience, ajoutent une nouvelle activité au feu interne qui tend à se faire jour, et de l'une ou de l'autre maniere, la lumiere des caracteres doit paroître plus vive et se dissiper plus promptement.

Le frottement fait encore plus ; il

XV. LEÇON.

irrite non seulement le feu des parties les plus superficielles, les plus promptes à vaincre l'adhérence qui les retient sur le carton ; mais il fait la même chose pour celles qui sont plus enfoncées, qui sont couvertes et qui tiennent davantage : d'où il résulte une chaleur sensible, quand la couche de phosphore qui forme les caracteres est un peu épaisse ; non seulement parce qu'il y a plus de feu en mouvement, mais parce que ce mouvement devient d'autant plus violent, que le feu élémentaire qui le reçoit se trouve engagé dans des obstacles plus difficiles à surmonter, comme je l'ai fait remarquer dans les deux dernieres Leçons.

Ainsi, nous pouvons dire que l'élément du feu qui se dégage par lui-même et sans être excité, de la matiere propre du phosphore, n'a point ordinairement de chaleur sensible, à cause du peu d'efforts qu'il a à faire pour rompre et dissiper son enveloppe ; mais cette foible action qui n'a point d'effet sensible sur les autres corps, en a beaucoup encore, quand cet élément ne trouve à heurter que des parties de

son espece, très-susceptibles sans doute de cette sorte de mouvement dont il est lui-même animé. Il n'est pas sitôt libre qu'il agite à sa maniere, et jusquà une certaine distance, la matiere de la lumiere que remplit l'espace où il éclate : et comme cette matiere pénetre sans interruption jusqu'au fond de nos yeux, ces organes, à qui la nature a donné le degré de sensibilité proportionné à tel effet, en reçoivent l'impression autant de temps, et dans le même ordre suivant lequel ces petites portions de feu brillent à la surface du carton.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On trouve dans plusieurs endroits de l'Italie, et principalement auprès de Bologne, une pierre qui est assez communément de la grosseur d'un œuf de poule, d'une figure irréguliérement arrondie, de couleur grise et d'une nature talqueuse. Cette pierre, ou quelqu'autre de celles qu'on y

XV. LEÇON.

peut substituer (*a*), ayant été calcinée au feu de charbon, et gardée dans une boîte garnie de coton ou de flanelle, s'expose pendant quelques minutes à l'air libre et au grand jour, mais plutôt à l'ombre qu'au soleil; après quoi on la retire pour être vue dans un lieu fermé et sans lumiere : et afin que l'expérience réussisse mieux, il est à propos que ceux qui la doivent considérer aient eu pendant quelque temps les yeux fermés, ou qu'ils aient resté pendant quelques minutes dans l'obscurité.

EFFETS.

La pierre portée du grand jour dans

(*a*) Je m'abstiens encore ici, comme je l'ai déjà fait dans plusieurs endroits de cet ouvrage, de rapporter en détail les différentes préparations de la pierre de Bologne, et d'indiquer les autres especes de pierres qu'on peut rendre lumineuses comme elle par la calcination; en attendant l'ouvrage dans lequel je me propose d'enseigner tous les procédés que je suis obligé de supprimer ici, pour ne point m'écarter par de trop longues digressions : si l'on veut s'instruire de tout ce qui convient pour répéter cette expérience, on pourra consulter le cours de Chymie de Lémery, p. 828, et les Mém. de l'Académie des Sciences, de 1730, p. 524.

l'obscurité paroît lumineuse comme un morceau de fer rougi au feu qui commence à s'éteindre : cette lumiere durera pendant quelques minutes en s'affoiblissant toujours de plus en plus, après quoi elle disparoît entiérement.

La pierre de Bologne et toutes celles qui en ont les propriétés, ne montrent aucun degré de chaleur sensible lorsqu'elles deviennent lumineuses : quand on les a exposées aux rayons du soleil, ou à l'ardeur du feu pour les échauffer, la lumiere qu'elles y prennent, est ordinairement moins forte que celle qu'elles reçoivent à la simple clarté du jour.

Quand ces pierres ont servi un grand nombre de fois, ou qu'elles ont été gardées long-temps à découvert dans un lieu éclairé, elles perdent peu à peu leur qualité ; mais on peut la leur rendre par une nouvelle calcination.

Enfin, ces pierres nouvellement préparées, et lorsqu'elles sont en état de servir aux expériences, ont une odeur comme sulphureuse qu'on ne leur trouve pas quand on les tire de la terre.

XV. LEÇON.

EXPLICATIONS.

L'odeur que prend la pierre de Bologne en passant au feu, fait assez connoître que ses soufres naturels ont été dégagés de la partie terrestre et des autres principes, au point de pouvoir passer aisément du dedans au dehors : ces soufres subtilisés contiennent, comme tout le reste, des parcelles de feu, mais avec cette différence, qu'étant très-disposés à obéir à la force expansive de cet élément, leur inflammation ne tient presque à rien ; la lumiere seule du jour le plus foible est un feu suffisant pour les allumer.

On peut donc considérer cette lumiere rougeâtre dont on voit luire la pierre de Bologne, comme une flamme très-légere qui brille dans les pores de cette matiere calcinée et à travers les parties terrestres qui n'ont qu'une transparence imparfaite. Une flamme aussi légere ne peut causer de chaleur sensible, c'est un feu qui éclate presque sans résistance. Elle s'éteint après quelques minutes, parce que les parties enflammées se sont dissipées, et parce que ce feu n'a point la force de

de se communiquer à celles qui sont plus profondément engagées dans la masse. XV. LEÇON.

Bien loin de rendre la pierre plus lumineuse en l'exposant aux rayons du soleil ou à l'ardeur d'un grand feu, il semble au contraire qu'on diminue par-là l'éclat de sa lumière : apparemment, parce qu'il se fait alors une trop prompte et trop grande dissipation des parties inflammables de la superficie; ou peut-être que l'agitation causée aux parties les plus grossieres de la pierre qui devient chaude, fait obstacle à la régularité du mouvement qui convient à la lumiere.

C'est peut-être aussi par une dissipation plus lente de ces parties inflammables de la superficie, que la pierre perd sa qualité avec le temps : on peut au moins le supposer, puisqu'elle se conserve plus long-temps étant enfermée dans du coton, comme si, lorsqu'on l'enveloppe de cette maniere, et qu'on la tient hors du jour, on lui épargnoit une inflammation qui dissipe ce qui la fait luire; et puisqu'elle se rétablit par une nouvelle calcination, comme si l'action du feu faisoit remonter de nouveaux souffres à la superficie.

XV. LEÇON.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Prenez une serviette de linge, unie, blanche de lessive, passablement fine, et qui soit bien seche : présentez-la au feu jusqu'à ce qu'elle soit fort chaude, et portez-la promptement dans un lieu obscur, pour la secouer, en passant la main brusquement dessus, ou en la faisant glisser entre les doigts. Un temps sec et frais est plus propre pour cette expérience que celui qui seroit humide et chaud.

EFFETS.

On voit pétiller comme des étincelles de feu sur la serviette, et l'on remarque des taches et des traînées de lumiere adhérentes aux endroits qui sont frottés avec force entre les doigts ou avec le plat de la main.

EXPLICATIONS.

Le linge, ainsi que les autres corps, contient dans ses parties cet élément, par le moyen duquel les objets de-

viennent lumineux ou visibles. Cette matière, retenue et enveloppée par les parties propres du linge, a besoin d'être excitée pour se faire jour, et paroître au dehors : la chaleur la dispose à cet effet, et le frottement fait le reste.

On peut dire aussi que la serviette, exposée au feu de fort près, a reçu des parties ignées encore engagées dans la matiere combustible, avec laquelle elles se sont échappées du foyer, et auxquelles il ne manque, pour éclater, que quelques degrés d'activité de plus, que les secousses et le frottement de la main leur fait prendre.

Quoi qu'il en soit, il y a tout lieu de croire que cette lumiere, qui paroît par étincelles ou par traînées sur le linge, n'est autre chose que du feu, puisque la chaleur la dispose à luire, et qu'elle s'excite, comme le feu, par le frottement des parties qui la contiennent ; mais c'est un feu qui réside dans les pores les plus ouverts et à la surface du linge, et qui, s'allumant avec une très-grande facilité, se dissipe aussi sans rien brûler, sans produire aucune chaleur sensible.

XV. LEÇON.

APPLICATIONS.

Les corps qui luisent dans l'obscurité, sans qu'on les allume par le moyen d'un feu étranger, se nomment *phosphores*, c'est-à-dire, *porte-lumiere*. On n'en connoissoit autrefois qu'un très-petit nombre; mais depuis un siecle, surtout, qu'on s'est mis à cultiver la Physique par la voie de l'observation et de l'expérience, ces merveilles se sont rencontrées si souvent, et se sont tellement multipliées, qu'il faudroit à présent faire un volume assez ample pour les comprendre toutes. Je dois m'abstenir d'un détail qui m'écarteroit trop de mon objet principal; mais je ne puis me dispenser de rapporter ici, par forme d'extrait, ce qu'il y a de plus curieux à savoir en ce genre, d'autant mieux que rien n'est plus propre à montrer ce que j'ai maintenant en vue, je veux dire, la présence de la matiere de la lumiere dans tous les corps, dans tous les espaces, et son identité avec celle que nous avons nommée ci-devant *feu élémentaire*; car il est peu de ces phosphores à qui l'on ne puisse appliquer, d'une maniere assez plausible,

si je ne me trompe, quelqu'une des explications dont je viens de faire usage, pour rendre raison des trois expériences précédentes.

On peut distinguer en général deux sortes de phosphores ; les uns, que nous nommerons *naturels*, parce qu'ils luisent d'une lumiere spontanée, sans préparation, ou au moins par des dispositions qu'ils acquierent d'eux-mêmes : les autres, que nous appellerons *artificiels*, parce qu'ils ne deviennent phosphores que par des moyens inventés par l'art : on trouve des uns et des autres dans les trois regnes qu'embrasse l'Histoire Naturelle.

Tout le monde connoît ici cet insecte rampant qui brille, pendant la nuit, dans les campagnes, et qu'on nomme pour cela *ver-luisant*. Ce petit animal, qui semble éclairer les pas du voyageur, est la femelle d'un scarabée (*a*) de couleur brune, qui a des aîles, et à qui cette lumiere (qu'il n'a presque pas lui-même) fait appercevoir de loin le sujet auquel

(*a*) On appelle *scarabées*, en général, ces insectes volants, dont les aîles se renferment sous des fourreaux écailleux : le hanneton, par exemple, est un scarabée.

XV. LEÇON.

il doit se joindre pour perpétuer son espece. Le ver n'est point lumineux dans tout son corps ; il ne l'est que par le dessous du ventre, dont la peau est transparente : la lumiere qu'il répand appartient à une matiere fluide qu'il a dans les intestins, et qui luit encore pendant quelques minutes après qu'on l'a fait sortir en pressant la partie qui la contient. Il semble cependant qu'il est au pouvoir de l'animal de la laisser luire ou de l'éteindre pour un temps ; car il ne brille pas toujours avec le même éclat, et quelquefois il ne brille pas du tout : ce qui me fait croire que cette espece de phosphore, qui fait partie de l'animal, et qui semble être soumis à sa volonté, est une matiere dans laquelle l'élément du feu n'est que très-légérement engagé; de sorte qu'il s'anime avec facilité, au point qu'il faut pour allumer seulement une matiere toute semblable qui réside au dehors.

Je pense la même chose d'une infinité d'autres animaux qui ont cette singuliere propriété de luire dans les ténebres ; car on en trouve par-tout, et l'on pourroit dire que chaque élément habitable a les siens. Dans les

pays septentrionaux de l'Europe, et même au centre de la France, il n'y a que de ceux qui rampent sur la terre ; mais en Espagne, en Italie, en Sicile, et même dans quelques-unes de nos provinces méridionales, pendant les nuits d'été, l'on voit étinceller l'air de toutes parts. Ce spectacle, qu'un étranger ne se lasse point d'admirer, vient d'un petit scarabée (*a*) assez semblable au mâle de notre ver-luisant dont j'ai fait mention ci-dessus. Cet insecte se multiplie prodigieusement dans cértaines années ; sa lumiere, qui part du ventre, est continue et si forte, que deux ou trois de ces petits animaux, que j'avois renfermés dans un tube de verre, me faisoient voir distinctement tous les objets de ma chambre pendant la nuit la plus noire. Cette lumiere devient encore plus vive, et augmente, comme par élancement, lorsque l'animal vole, ou qu'on l'agite. Valisnieri avoit cela, sans doute, en vue, lorsqu'il disoit que les insectes lumineux de son pays imitoient assez bien les étoiles du ciel, tant par

(*a*) On le nomme en Italie *Lucciola*.

XV. LEÇON.

l'éclat, que par la figure de leur lumiere (*a*).

Ce que j'ai fait par forme d'expérience avec les scarabées lumineux d'Italie, les paysans le font par usage, et pour leur commodité, dans les Antilles et dans plusieurs endroits des Indes, avec un autre insecte beaucoup plus gros, et qui jette une lumiere bien plus grande et plus durable. C'est une espece de mouche fort grosse que Mlle. Merian a décrite parmi les insectes de Surinam, et sur laquelle M. de Reaumur (*b*) a fait de nouvelles remarques. Les habitants du pays s'en éclairent, dit le P. du Tertre (*c*), tant pour aller et venir, que pour travailler pendant la nuit; le même animal dure environ 15 jours, après quoi on le renouvelle.

La mer possede aussi de semblables merveilles : on voit briller de ces feux vivants jusques dans le sein des eaux. Sans parler des dails, ni de quelques autres coquillages admis depuis long-

(*a*) *Non mancandovi luminosi viventi, delle vere stelle nella figura è nella luce gentilissimi emulatori.* Raccolta di varie osserv. p. 217.

(*b*) Hist. des Insectes. Tom. V. p. 192.

(*c*) Dans son Hist. gén. des Antilles.

temps au rang des phosphores, je puis dire, pour l'avoir observé moi-même en 1749, que pendant l'été, les bords de l'Adriatique et de la Méditerranée fourmillent de petits animaux moins gros que des têtes d'épingles, et qui étincellent d'une maniere admirable: on en voit sur-tout une très-grande quantité dans les *lagunes* de Venise, aux endroits où il y a de la mousse, ou de cette herbe qu'on nomme *algue marine*. C'est-là que j'en fis la découverte, après avoir cherché avec beaucoup d'empressement et d'assiduité, quelle pouvoit être la cause de tous ces feux que je voyois pétiller le soir, sous les coups de rames, à la rencontre des gondoles, et le long des murs battus par les flots. J'avois été prévenu, comme je l'ai appris depuis, par M. Vianelli, docteur en Médecine, établi à Chioggia. On peut voir, dans une brochure (*a*) qu'il fit imprimer à Venise, quelques mois après mon départ, et qui m'a été envoyée depuis

(*a*) *Neuove scoperte intorno le luci notturne dell' aqua marino, ect.* in Venezia 1749. En lisant l'avant-propos de cet ouvrage, p. 10, on pourroit croire que c'est sur le récit que l'on

XV. LEÇON.

mon retour en France, on peût voir, dis-je, la figure de cet insecte, que je crois être du genre des scolopendres, quoiqu'à dire vrai, ne l'ayant pu voir qu'avec une loupe, et n'ayant point eu toutes les commodités nécessaires pour le bien examiner, je ne puis assurer que j'ai vu tout ce que représente le dessein de M. Vianelli.

Non seulement on voit luire quan-

m'a fait de la découverte de M. Vianelli, que j'ai reconnu que la lumiere nocturne des eaux de Venise étoit causée par des insectes; mais il est exactement vrai que ce récit ne me fut fait qu'après mon observation, dans la maison de S. E. Mr. Angelo Quiriui, et en présence de huit ou dix personnes, qui ne me refuseroient pas leur témoignage si j'en avois besoin. Je suis persuadé que M. Vianelli m'auroit épargné le soin de mettre ici cette note, s'il avoit su comment les choses s'étoient passées; et je m'en serois dispensé moi-même, si je n'avois d'autre intérêt que de me conserver la part que je puis avoir à la découverte en question: mais j'ai fort à cœur que l'on ne croie pas que j'aie voulu me l'approprier, comme on auroit raison de le penser, s'il étoit vrai que j'en eusse été instruit avant que d'observer les insectes lumineux, et si, lorsque j'ai fait mention de ma découverte, je n'avois rendu sur cela toute la justice qui est due à M. Vianelli. Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences, 1750, p. 59.

XV. LEÇON.

tité d'animaux à qui la nature accorde cette propriété pour tout le temps qu'ils ont à vivre, comme on l'a vu par les exemples que je viens de citer ; mais il semble que ceux-là même, qui ne jettent aucune lumiere de leur vivant, soient tous capables de devenir lumineux après leur mort, au moins par quelques-unes de leurs parties, lorsqu'un certain degré de fermentation ou de pourriture a mis la matiere propre de la lumiere qui réside dans ces parties, comme par-tout ailleurs, en état de se dégager et de paroître à découvert. On a vu à Orléans, et ailleurs, toute la viande d'une boucherie se couvrir de taches lumineuses, inspirer de la crainte sur l'usage qu'on en devoit faire, et attirer l'attention des Magistrats. On voit souvent des restes de poissons briller au coin des rues ou dans les cloaques qui servent de décharges aux grandes cuisines ; le poil des chats et celui de plusieurs autres animaux étincellent sous la main, et sur-tout quand il fait froid ; quantité de personnes ne peuvent se peigner dans l'obscurité, sans faire voir, sans entendre

XV. LEÇON.

même sortir du feu de leur chevelure. Ce sont des lueurs de cette espece qui effrayent les valets d'écurie, et qui leur font dire, que certains chevaux sont pansés par des *esprits folets*. On a vu même de tout temps certaines vapeurs grasses ou spiritueuses exhalées des corps vivants, s'enflammer comme d'elles-mêmes, et produire un feu si léger, qu'il n'étoit sensible que par la lumiere : c'est ce qu'on trouve sous le nom de *ignis lambens* dans les auteurs, tant anciens que modernes (*a*).

Des matieres animales, si nous passons aux végétales, nous en trouverons encore un grand nombre qui brillent d'une lumiere naturelle et spontanée. Qui est-ce qui ne sait pas que les bois tendres et morts, lorsqu'ils sont pourris à un certain point, gardent,

(*a*) Virgil. Eneid. Lib. II.

Ecce levis summo de vertice visus Iuli
Fundere lumen apex, tactuque innoxia molli
Lambere flamma comas et circum tempora pasci.

On trouve des exemples singuliers de ces vapeurs lumineuses dans Valisnieri, t. 3, p. 212 et suiv. et dans un traité d'Ezéchiel de Castris, qui a pour titre : *Ignis lambens*.

pour ainsi dire, pendant la nuit, la lumiere qui les a éclairés pendant le jour; et si l'on en croit quelques Auteurs célebres *, ce phénomene est si puissant et si commun dans le nord, que les voyageurs, pour marcher d'un pas sûr, pendant la nuit, font porter devant eux, par leurs guides, des morceaux de ce bois lumineux qui les éclaire suffisamment.

* *Olaus magnus, Oviedo, etc.*

On n'avoit encore reconnu cette propriété que dans un petit nombre de matieres de ce genre, lorsque M. Beccari, professeur de Chymie, et membre de l'Acad. de l'Institut de Bologne, soupçonna qu'elle pourroit bien appartenir à beaucoup d'autres especes, avec la différence, peut-être, du plus au moins, soit pour la durée de sa lumiere, soit pour son degré de force. Le moyen qu'imagina cet ingénieux physicien, pour en faire l'épreuve, mérite d'être rapporté. Il se fit faire une loge portative, qui pouvoit se fermer de façon à ne laisser aucun accès à la lumiere du dehors; et à l'un des côtés de cette loge, il fit pratiquer un tour semblable à ceux des couvents de religieuses; moyen-

XV. LEÇON.

nant cet appareil, il pouvoit rester long-temps sans voir le jour, disposer par-là ses yeux à sentir une lumiere foible, faire passer autant de fois qu'il vouloit, et presque subitement, les corps qu'il avoit en vue d'éprouver, du grand jour dans la plus parfaite obscurité, conditions toutes nécessaires dans des expériences de ce genre.

En procédant ainsi, M. Beccari a reconnu que le bois de sapin sec, et tel que l'emploient les ouvriers, différentes écorces d'arbres et de plantes, dont la couleur tiroit sur le blanc, le coton, le sel concret des plantes, le tartre, le sucre et la cire blanche, la toile de lin, celle de chanvre, et, par-dessus tous, le papier, sont autant de phosphores naturels, qui s'allument à la clarté du jour, et qui continuent de luire pendant quelques minutes dans l'obscurité, quoique d'une lumiere plus foible que celle des bois pourris.

Le même physicien a fait de semblables recherches sur les matieres animales et sur les fossiles : quant à celles-ci, il avoit été prévenu, en quelque chose, par Boyle et par M. Dufay.

XV. LEÇON.

Le premier ayant rencontré par hazard un diamant qui étoit lumineux lorsqu'on le portoit du grand jour dans l'obscurité, l'examina de toutes façons, et en fit le sujet d'un petit traité (*a*), où l'on trouve des observations curieuses. Le second, partant de ce premier fait et de quelques autres à peu près semblables, produits par différentes personnes, étendit beaucoup ces découvertes, en faisant voir que la propriété de luire ainsi dans les ténebres appartenoit à presque tous les diamants, principalement à ceux qui sont jaunes, et à quantité d'autres pierres fines.

M. Dufay, voyant donc ces phosphores naturels se multiplier sans fin, exhorta les physiciens à prendre part à son travail, et à l'aider dans une moisson nouvelle qui lui paroissoit intarissable : c'est apparemment par cette invitation que M. Beccari fut déterminé à suivre les recherches qu'il avoit déjà commencées sur de pareils sujets.

(*a*) *Adamas lucens*. Ce diamant, qui appartenoit à M. Clayton, fut acheté par le roi Charles II, comme une rareté ; car d'ailleurs, c'étoit une pierre d'une vilaine eau, et assez défectueuse.

XV. LEÇON.

On voit, par la lecture de son excellent traité (*a*), que différentes especes de terres, de sables, de pierres dures, tendres, opaques, transparentes, figurées et autres, les concrétions pierreuses, les matieres animales pétrifiées, les sels etc., brillent, dans l'obscurité, d'une lumiere plus ou moins vive, quand ils ont été auparavant exposés au grand jour.

En continuant les épreuves sur le regne animal, il vit briller de même les os, les dents, les bezoars, les pierres des reins et de la vessie, celles qu'on trouve dans la tête des poissons, et, plus que toutes choses, les coquilles d'œufs ; de sorte que, de toutes les especes qui composent la nature, si l'on en excepte les métaux, et ce qui en contient, comme aussi les corps d'une couleur obscure, on peut dire qu'il y en a peu qui ne fournissent des exemples de ces corps lumineux. Je m'exprime ainsi, pour faire entendre que cette qualité n'appartient pas tou-

(*a*) *De quamplurimis phosphoris nunc primùm detectis commentarius.* Pronon. 1744. Cet ouvrage a eu une suite qui se trouve dans les Mém. de l'Acad. de l'Institut de Bologne, tom. II. part. 3. p. 498.

jours à l'espece entiere, mais souvent à certains individus de chaque espece ; tous les diamants blancs, par exemple, ne la possedent pas, et ceux qui l'ont ne montrent rien de remarquable, à quoi l'on ait pu jusqu'à présent attribuer cet effet.

Des phosphores naturels, passons à ceux que l'art nous a procurés, il s'est exercé de même sur les trois regnes. Les différentes préparations par lesquelles on parvient à rendre les matieres lumineuses, ou propres à le devenir, peuvent se réduire à trois principales. Il suffit souvent de les échauffer, de les dessécher, ou de les cuire par un degré de feu médiocre, qui laisse subsister la plupart de leurs qualités sensibles ; d'autres fois cela se fait par une forte calcination, qui cause des changements considérables, jusques dans les moindres parties, sans défigurer la masse : enfin on les prépare encore par des dissolutions, des mêlanges, et ensuite par l'action d'un feu violent ; ce qui fait, pour ainsi dire, changer de nature à ces substances, et leur fait prendre de nouvelles formes.

Par le premier de ces trois procédés,

XV. LEÇON.

M. Beccari est venu à bout de donner la qualité de phosphores à quantité de matieres qui ne l'ont pas naturellement : et parmi celles qui l'ont il en a trouvé plusieurs qu'un certain degré de chaleur, le desséchement, ou la cuisson, faisoit briller d'une lumiere bien plus sensible : tels sont, par exemple, la chair de volaille, les os, les nerfs, les sucs épaissis, comme la colle de bœuf, et celle de poisson, le fromage, etc. : et, parmi les végétaux, les amandes, l'intérieur des châtaignes, les feves, la mie de pain, et même le café, pourvu qu'il ne soit pas brûlé jusqu'au brun : comme il l'est ordinairement. Mais rien de tout cela ne paroît plus remarquable que ce qui arrive au papier : la feuille sur laquelle on a appliqué, pendant quelques minutes, une plaque de métal chauffée, en porte l'image très-lumineuse dans l'obscurité, et cette empreinte est si bien terminée, qu'on pourroit, avec des cuivres découpés et chauffés, imprimer de cette maniere toutes sortes de dessins luisants, par lesquels on ne manqueroit pas de surprendre des gens qui n'en seroient pas prévenus.

XV. LEÇON.

On peut regarder la pierre de Bologne comme l'origine et le premier exemple des phosphores qui se font par la simple calcination : cette découverte, qui fut l'effet du hasard, frappa tellement les physiciens et les naturalistes, qu'elle devint le sujet de plusieurs savants traités. Mais, comme il arrive presque toujours, on s'accoutuma peu à peu à cette merveille : on lui chercha des émules parmi d'autres especes à peu près semblables, et l'on en trouva dans le pays même (*a*) : enfin cela devint une chose fort commune. M. Dufay fit voir, en 1730, dans un Mémoire que j'ai déjà cité plus haut, que la topase des droguistes, les bélemnites, les albâtres, les marbres, les gyps, les coquilles pétrifiées tendres, les pierres à chaux, et assez généralement, toutes celles qu'un esprit acide peut dissoudre, imitoient par leurs effets la pierre de Bologne, avec cette différence qu'elles n'avoient pas toutes une lumiere, ni aussi vive, ni aussi

(*a*) Mentzelius, sect. 2, chap. 5, en compte cinq especes dans les environs de Bologne.

XV. LEÇON.

durable qu'elle, mais que leur vertu, comme la sienne, pouvoit se ranimer par une nouvelle calcination.

Balduinus (ou Baudouin), chymiste Allemand, prépara à dessein, ou rencontra par hasard une matiere, dont il annonça (*a*) les effets, comme ayant beaucoup de ressemblance avec ceux de la pierre de Bologne ; mais il s'exprima sur cette découverte en termes si énigmatiques, que ceux qui voulurent l'imiter furent obligés de deviner. Les grands maîtres s'en mêlerent ; et l'on apprit enfin par Kunckel, Boyle, Lemery, etc., qu'une dissolution de craie par l'eau-forte évaporée et calcinée ensuite, étoit un phosphore dont les effets répondoient à ceux que Balduinus attribuoit à son *phosphore hermétique*.

Avec cette clef, M. Dufay pénétra beaucoup plus loin : les phosphores de cette espece se multiplierent tellement entre ses mains, que pour en faire connoître la quantité, il trouva plus commode de nommer les matieres qu'il falloit excepter. « A la réserve,

(*a*) In app. ad an. 4 et 5, Natur. Curios. p. 171.

» dit-il, des pierres dures et impénétra-
» bles aux acides, comme les agathes, XV. Leçon.
» les jaspes, les cailloux, le porphyre,
» le grès, le sable, le crystal de roche,
» celui d'Islande, le sable de riviere,
» la pierre de lar, la pierre de la croix,
» l'ardoise, le vrai talc, les pierres pré-
» cieuses, dont aucune ne m'a réussi;
» il n'y en a peut-être point qui ne soit
» lumineuse, soit par la simple calcina-
» tion, soit par la préparation que nous
» avons rapportée, ou même des deux
» manieres. » *Mém. de l'Acad. des Sc.*, 1730, *p.* 528.

Disons encore avec le même Académicien : « Dans quel étonnement ne
» seroient point aujourd'hui ceux qui
» ont fait des volumes entiers pour faire
» l'éloge des propriétés merveilleuses
» de la pierre de Bologne, s'ils voyoient
» qu'il est presqu'impossible de trouver
» quelque matiere dans le monde, qui
» n'ait pas les mêmes avantages : et ce
» sera dorénavant un phénomene sin-
» gulier, qu'une matiere qu'on ne
» pourra rendre lumineuse, ni par
» calcination, ni par dissolution. »
Ibid, *p.* 534.

Je goûte encore tout-à-fait cette

XV. LEÇON.

ingénieuse pensée de M. Beccari, que l'on trouve à la fin de son ouvrage ci-dessus cité. « De même, dit-il, que » plusieurs physiciens ont pensé, avec » toute sorte de vraisemblance, qu'il » n'y a aucun corps absolument privé » de chaleur, on pourroit dire aussi » qu'il n'y en a aucun parfaitement » obscur. » En effet, toutes les matieres recelent dans leur intérieur, le principe de l'inflammation et de la lumiere, peut-être sont-elles sujettes à de foibles embrasements qui se renouvellent autant de fois qu'on les expose à la clarté des corps lumineux ; et si nous n'appercevons ces effets que dans certaines especes, et dans des cas particuliers, on peut croire que ce n'est point parce qu'ils sont rares, mais plutôt parce que nos sens ne sont point assez délicats pour les sentir par-tout où ils existent (*a*).

L'extrême vîtesse avec laquelle la lumiere agit à la plus grande distance où la vue puisse atteindre sur la terre,

(*a*) On doit joindre à l'article des phosphores artificiels, ce qui a été dit dans la XII Leçon du phosphore de Brant, et de celui de Homberg.

a dû faire penser d'abord, que son mouvement étoit absolument instantané : et c'est l'idée que Descartes s'en étoit formée, avant qu'il eût des raisons capables de faire penser autrement : mais en 1675 le célebre Dominique Cassini, observa dans le retour des éclipses du premier satellite de Jupiter, un retardement qui le porta à croire, que la lumiere employoit environ 14 minutes à traverser le diametre entier de l'orbe annuel de la terre, et que nous ne recevions qu'au bout de 7 minutes la lumiere émanée du soleil qui occupe à peu près le centre de cet orbe. Il est vrai que, par de fortes raisons, il se crut obligé d'abandonner ensuite cette conséquence ; mais M. Roemer l'ayant adoptée, et après lui M. Bradley, l'un et l'autre par de longues suites d'observations, établirent cette opinion, de maniere qu'elle est assez universellement reçue, et qu'on ne doute presque plus que le mouvement de la lumiere ne soit progressif.

Bien des gens en tirent tout de suite cette conséquence, que la propagation de la lumiere ne se fait donc pas,

XV. LEÇON.

comme le pensent les Cartésiens, par un simple mouvement de pression, que le corps lumineux imprime à un fluide présent par-tout, mais par une véritable émission qui fait passer réellement les parties de ce fluide depuis leur source jusqu'au terme de leur translation; en quoi je trouve qu'on va trop loin, sans nécessité et sans fruit : je dis sans fruit, parce que la lumiere, émanant sans cesse des astres par un mouvement progressif de ses parties, produiroit toujours dans l'espace des cieux cette plénitude incommode dont on cherche à débarrasser le système des attractions : j'ajoute, sans nécessité, parce qu'il me semble qu'on peut concilier la nouvelle découverte avec le sentiment des Cartésiens d'aujourd'hui touchant la propagation de la lumiere.

En supposant, en effet, comme une vérité hors de contestation, que l'action de la lumiere souffre un retardement de 7 à 8 minutes (*a*), lorsque le

(*a*) Les Savants ont varié sur la quantité de ce retardement; les uns ont dit 7, les autres 8 minutes, et M. Newton lui-même a passé de la premiere estimation à la seconde.

corps

corps lumineux qui la met en mouvement est à une distance de 32 ou 33 millions de lieues, ou environ (*a*), est-il nécessaire, pour en rendre raison, de faire parcourir réellement, et en si peu de temps, cet espace immense à chaque globule de lumiere, de supposer aux rayons de ce fluide une vîtesse qu'on peut à peine concevoir; telle, en un mot, qu'elle surpasse plus de seize cent mille fois la rapidité d'un boulet de canon qui parcourroit uniformément 600 pieds par seconde?

Je vois bien qu'il ne faut plus tenir rigoureusement à la pensée de Descartes, et que le rayon de globules lumineux qui s'étend d'un astre à mon œil, ne peut pas être maintenant comparé à un bâton ou à une file de petits corps parfaitement contigus, et d'une inflexibilité absolue : mais qui nous empêche de les considérer, ces particules, comme autant de petits balons, ou de petits pelotons élastiques, et d'une contiguité

(*a*) On voit bien que je ne prétends pas donner ici la juste distance du soleil à la terre : c'est une question sur laquelle les Astronomes même ne sont pas bien d'accord.

XV. LEÇON.

un peu moins rigoureuse? Avec ces deux suppositions qui nous écartent d'une précision qu'on auroit peine à admettre, et qui nous rapprochent des voies ordinaires de la nature (qui souffre par-tout des à-peu-près), je conçois sans peine que l'action du corps lumineux dans toute la longueur du rayon qui doit la transmettre, ne sera instantanée que pour nos sens, et dans le cas d'une distance très-bornée; mais que cette transmission, quelque prompte et quelqu'insensible qu'elle puisse être, exige une succession réelle d'instants, dont la somme peut devenir très-remarquable, si le chemin que la lumiere doit parcourir est fort long.

J'avoue qu'en entendant ainsi la propagation de la lumiere, on est arrêté par des difficultés; mais l'autre opinion a aussi les siennes, et je les trouve encore plus grandes.

On vous fait voir, par exemple pendant la nuit, une partie considérable du ciel par un trou d'épingle, et l'on vous dit : Est-il possible que la petite portion de lumiere qui remplit ce trou, reçoive et transmette distinc-

tement les mouvements imprimés par tant d'étoiles, à un nombre égal de files de globules? A quoi je réponds: Est-il plus aisé de croire que ce trou, tout petit qu'il est, devienne le passage commun d'autant de petits torrents de lumiere qui coulent avec une rapidité inexprimable, qui s'y croisent sans se confondre, et qui s'y heurtent sans rien perdre de leur premiere direction? Quelque parti qu'on prenne, il y a certainement de quoi s'étonner; mais le premier des deux me paroît moins violent.

XV. LEÇON.

On objecte encore, que si la lumiere étoit présente par-tout, et qu'elle devînt sensible par la seule action des corps lumineux, il n'y auroit jamais de ténebres, parce que cette pression, ce choc se distribueroient confusément dans toutes sortes de directions, et à toute la masse de ce fluide, comme il arrive à une liqueur contenue dans un tonneau, lorsqu'elle est frappée par quelque endroit que ce soit.

Mais les arguments que l'on tire de pareilles comparaisons ne sont pas assez concluants; parce qu'il y a toujours beaucoup de disparité, et qu'on

XV. LEÇON.

est en droit d'en supposer encore plus qu'on n'en apperçoit, attendu le peu de connoissance que nous avons de ces grands ressorts de la nature. Le *tonneau* qui contient la lumiere que le soleil anime, ce n'est pas moins que l'univers; et si dans l'exemple dont on veut se prévaloir, l'eau n'est secouée également dans toutes ses parties qu'à cause de la réaction prochaine du vaisseau, on aura peine à trouver quelque chose qui réponde à ces parois solides et rapprochées, quand on prétendra que le même effet doit se trouver dans le vaste fluide qui reçoit l'action des astres et des autres corps lumineux.

D'ailleurs, quand un rayon solaire est introduit dans une chambre obscure, il n'est pas vrai, si l'on veut parler exactement, que la chambre ne soit éclairée que dans la direction de ce jet de lumiere vive; elle l'est encore, quoique plus foiblement, dans les autres endroits : sans cela verroit-on le rayon ailleurs que dans lui-même? L'œil placé à côté et à une distance assez considérable, l'apperçoit, comme l'on sait, très-distinctement; ce

qui prouve que toute la lumiere éteinte qui remplit la chambre, reçoit quelque ébranlement de celle qui forme le rayon; à-peu-près comme l'air qui ne reçoit pas le son directement à cause de quelque obstacle impénétrable, ne laisse pas que de retenir un peu, par la secousse qu'il reçoit, des rayons sonores qui passent au-dessus, ou à côté.

On me répliquera sans doute, que cette lumiere qui se fait sentir hors du rayon, est un effet de la réflexion causée par l'air dans lequel il passe, ou par les poussieres dont ce fluide est toujours chargé; mais je puis répondre que j'ai vu encore assez distinctement ce même jet de lumiere, lorsque j'avois soin de le faire passer par un tuyau de verre bien net, dans lequel j'avois fait le vuide, le plus parfait qu'il est possible de faire, avec une bonne machine pneumatique (*a*). Les réflexions alors devoient être nulles,

(*a*) Cette expérience exige beaucoup de soins, et de précautions assez délicates. Il faut 1.° que la chambre soit bien obscure. 2.° Que le jet de lumiere vienne directement du soleil dans un beau jour d'été. 3.° Que ce rayon solaire ait au moins un pouce de diametre.

XV. LEÇON.

ou comme telles, puisque l'air avoit été poussé à ses derniers degrés de raréfaction, et que les petits corps étrangers qui s'y trouvent ordinairement mêlés, s'en étoient séparés dès les premiers coups de piston (*a*).

Enfin, l'on objecte encore, contre l'opinion Cartésienne, que dans un espace rempli de globules on ne conçoit pas comment les impulsions pourroient toujours se communiquer en lignes droites; parce qu'il n'est pas possible, dit-on, de supposer que tous les centres de ces petites spheres se trouvent justement alignés dans toutes les directions imaginables. Mais comprend-on mieux dans l'autre système,

4.° Que le tuyau de verre dans lequel on le fait passer, soit deux ou trois fois plus gros que lui, afin qu'il soit plus aisé de l'y maintenir d'un bout à l'autre, sans qu'il en touche les parois. 5.° Que le verre plan qui le ferme par un bout ne soit pas trop épais. 6.° Que par l'autre bout le rayon solaire soit reçu sur un miroir incliné à 45 degrés, qui le détourne dans un tuyau de métal placé à retour d'équerre, afin qu'aucune partie de cette lumiere ne soit réfléchie dans le tuyau de verre.

(*a*) Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences, 1740, page 243.

comment ces petits êtres globuleux, tombant sur des surfaces qui ne sont pas régulieres (car à la rigueur on n'en connoît pas de telles), font cependant toujours l'angle de leur réflexion sensiblement égal à celui de leur incidence, par rapport à ces surfaces? C'est un effet qu'on voit arriver communément, malgré l'obstacle qui semble devoir l'empêcher: il en est apparemment de même de l'alignement des centres, dont on suppose, et dont on veut faire valoir le défaut, puisque nonobstant l'irrégularité reconnue des surfaces polies, le rayon de lumiere ne laisse pas de se réfléchir assez réguliérement: il faut donc que la nature ait des ressources que nos spéculations n'embrassent point encore; dans ces sortes de questions, l'on ne prendroit jamais aucun parti, si l'on ne vouloit épouser absolument que celui qui seroit au-dessus de toute difficulté apparente. Les rayons sonores s'alignent fort bien dans l'air, et leurs réflexions se font assez réguliérement, comme le prouvent les échos: si quelqu'un prétendoit que ces effets n'arrivent que

XV. LEÇON.

parce que les parties ou molécules de l'air ne sont pas globuleuses, je lui accorderois volontiers que celles de la lumiere ne le sont pas non plus : je ne leur attribue cette figure que pour en adopter une, et parce que l'imagination ne m'en fournit aucun autre qui s'accorde mieux qu'elle avec les phénomenes ; mais, à parler franchement, j'ignore de quelle figure sont les parties de ces fluides subtils sur lesquels nos sens n'ont point de prise, et je suis prêt à leur attribuer celle qui conviendra le mieux, et contre laquelle on ne trouvera plus rien à objecter : en attendant que nous ayions sur cela les éclaircissements qui nous manquent, et que nous n'aurons probablement pas si-tôt, regardons les parties de la lumiere comme des globules, conformément au langage reçu en Physique (*a*).

(*a*) Sur la propagation de la lumiere, on fera bien de lire une belle Dissertation de feu M. Jean Bernoulli, qui a remporté le prix de l'Académie des Sciences, en 1736.

II. SECTION.

Des directions que suit la Lumiere dans ses mouvements.

IL en est de l'action de la lumiere, comme du mouvement des autres corps : conformément à la loi générale de la nature, elle suit, autant qu'elle peut, la premiere détermination qu'elle a reçue; ses rayons s'étendent en lignes droites, tant qu'il ne se rencontre aucun obstacle, ni aucun nouveau milieu qui en change la direction; et les phénomenes qui en résultent sont l'objet d'une science qui se nomme *Optique proprement dite*, pour la distinguer de l'*Optique générale*, qui comprend tout ce qui concerne la lumiere et ses différentes modifications.

A la rencontre d'un corps opaque, l'action de la lumiere se reflechit communément, et produit d'autres effets : on les a compris sous une théorie particuliere, à laquelle on a donné le nom de *Catoptrique*.

XV. LEÇON.

Enfin, cette même action se réfracte dans bien des occasions en passant d'un milieu dans un autre qui est plus aisé ou plus difficile à pénétrer pour elle : cela donne lieu encore à d'autres phénomenes qu'on a assujettis à des loix, et ce sont les principes d'une troisieme science appelée *Dioptrique*. Suivons les mouvements de la lumiere sous ces trois points de vue.

ARTICLE PREMIER.

De la Lumiere directe, ou des principes de l'Optique proprement dite.

Nous considérerons ici la lumiere comme exerçant ses mouvements dans un milieu parfaitement libre ; ou, pour ne pas nous écarter de l'état naturel, nous supposerons au moins que la lumiere se meut dans un milieu homogene, c'est-à-dire, d'une résistance uniforme dans toute son étendue : telle est une masse d'eau ; tel est un morceau de crystal, ou si l'on veut, une masse d'air dans une région déterminée de l'atmosphere ; et lorsque, pour la facilité de l'expression, je dirai que la lumiere *passe*, qu'elle se *transmet*,

qu'elle *part* d'un tel point, qu'elle *arrive* à tel autre, le lecteur se souviendra, qu'il ne s'agit point d'une translation réelle attribuée aux globules de la lumiere; mais seulement d'une action ou d'un choc qu'ils se communiquent les uns aux autres, sans se déplacer, comme je l'ai déjà fait entendre dans la premiere Section, et comme je vais l'expliquer d'une maniere plus particuliere.

Il faut croire que ces globules sont autant de petits corps élastiques, par les vibrations desquels se transmet de proche en proche le choc réitéré du corps lumineux, de la même maniere à peu près qu'on a vu dans la quatrieme Leçon, celui d'une boule d'ivoire passer en un instant d'un bout à l'autre d'une file de pareilles boules: on concevra aisément, que si quelqu'un appuyoit son doigt contre la derniere, il sentiroit ce choc toutes les fois qu'on l'imprimeroit à la premiere: ainsi, l'organe au fond duquel aboutit une suite de ces globules, dont nous supposons que la lumiere est composée, ne manque pas d'être ébranlé par les vibrations que fait faire à ces petits res-

XV. LEÇON.

sorts l'impulsion réitérée du corps enflammé qui brille à quelque distance.

On entendra mieux ceci en se rappelant ce que nous avons dit de la flamme dans la XVI Leçon : elle y est représentée comme étant l'écoulement d'un fluide embrasé, ou plutôt, comme la dissipation continue d'une vapeur lumineuse. Les parties propres d'un corps combustible, du bois, par exemple, de la cire fondue, ou du suif, divisées de plus en plus par les degrés de chaleur qui ont précédé, arrive à un tel point de dilatation, que les particules de feu qu'elles renferment se découvrent enfin par autant de petites explosions. Si cela n'arrivoit qu'une fois, la matiere de la lumiere qui environne ce petit éclat, ne recevroit qu'une seule secousse, et l'œil, par cette impulsion momentanée, n'appercevroit qu'une étincelle : mais, comme je l'ai dit, la flamme est un écoulement ; la particule enflammée qui se dissipe, fait place à une autre qui éclate bientôt comme elle, et qui réitere le choc sur la même file de globules au bout de laquelle se trouve l'œil du spectateur ; chaque

point du eorps enflammé produit le même effet ; et c'est ainsi que toute sa surfaee embrasée devient continuellement visible.

Les eorps qui sont lumineux de cette maniere, s'épuisent nécessairement, et n'ont qu'une certaine durée, puisque le feu qui brille en eux, ou à leur superficie, ne se montre qu'en dissipant leur propre substanee ; mais il est possible que ee même élément, sans passer au-dehors, sans rien dissiper, eonserve, dans les pores d'une matiere, un mouvement de vibration précédemment acquis, et que, faisant l'effet d'une petite flamme, il mette en jeu la matiere de la lumiere du dehors, avec laquelle il eommunique, eomme eela arrive vraisemblablement à plusieurs des phosphores dont j'ai parlé plus haut.

Une file de globules animés d'un mouvement de vibration, eomme je viens de l'expliquer, est, à proprement parler, ce que l'on doit nommer *rayon de lumiere ;* et eomme chaque point d'une flamme peut être appereu de tous eôtés, on doit concevoir que le plus petit corps lumineux est le eentre commun d'une infinité de ces rayons

XV. LEÇON.

simples qui forment autour de lui une sphere d'une certaine étendue, *fig.* 1. Mais il est à présumer qu'un filet de lumiere réduit à ce degré de simplicité ne seroit pas sensible ; celui qu'on fait passer par un trou d'épingle, et que nous appercevons dans un lieu obscur, doit être déjà considéré comme un faisceau qui contient peut être plus de mille de ces rayons simples. C'est par cette raison, qu'un rayon sensible de lumiere n'est pas naturellement d'une grosseur égale dans toute sa longueur ; car, puisque les globules qui le composent sont rangés sur des lignes qui partent d'un centre commun, quand le corps lumineux ne seroit qu'un point comme on le voit en *A*, *fig.* 2, il est évident que ce rayon doit former une pyramide, comme *AB*, dont la base se présente à l'œil.

Cet écartement que souffrent les filets de lumiere, en partant d'un point *radieux* ou *rayonnant*, s'appelle *divergence*, et se mesure par la grandeur de l'angle que ces rayons forment entr'eux. Ainsi *CD*, *GE*, *fig.* 3, sont deux rayons divergents, mais qui le sont moins que *CF*, *CG*.

Un corps lumineux d'une certaine grandeur, tel, par exemple, que la flamme d'une bougie, étant composé d'une infinité de points radieux, il faut nécessairement que les jets de lumiere qui partent de ces différents points, aillent à la rencontre les uns des autres, se joignent et se croisent les uns plus près, les autres plus loin, ceux-ci plus bas, ceux-là plus haut, à gauche et à droite, etc., comme on le peut voir par la *fig.* 4, dans laquelle, pour éviter la confusion, je n'ai marqué que trois de ces points rayonnants, avec quelques-unes seulement de leurs pyramides lumineuses, ou faisceaux de rayons divergents.

Cette disposition respective des rayons, qui, venant de plusieurs objets, ou de différents points du même objet, vont ainsi se joindre et se croiser, s'appelle *convergence*, et se mesure de même que la divergence par la grandeur des angles : ainsi les rayons qui partent des points *H*, *H*, *fig.* 5, sont tous convergents, les uns en *I*, les autres en *K*; mais ceux qui aboutissent en *I* sont plus convergents entr'eux que les autres, parce qu'ils forment

XV. LEÇON.

un plus grand angle, ou ce qui revient au même, parce que leur point de convergence est plus près des corps lumineux d'où ils procedent.

De tout ceci l'on peut conclure, 1°. Qu'en quelqu'endroit qu'on présente un plan vis-à-vis d'un point radieux, ce plan deviendra comme la base d'une pyramide de lumiere.

2°. Que le plan sera moins éclairé, à mesure qu'il s'éloignera davantage du point radieux.

3°. Que si le corps lumineux est d'une grandeur et d'une figure sensible, ce même plan deviendra la base commune d'autant de pyramides de lumiere, qu'il y aura de points radieux tournés vers lui.

4°. Enfin, que si au lieu d'un plan qui arrête la lumiere, on fait un trou dans un carton ou dans une planche mince, les pyramides lumineuses qui viennent des différents points de l'objet, s'y croiseront, passant de droite à gauche, de gauche à droite, de haut en bas, de bas en haut, etc. Rendons tout cela sensible par des expériences.

Fig. 2.

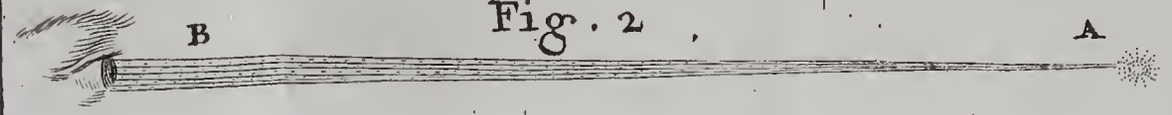


Fig. 1.

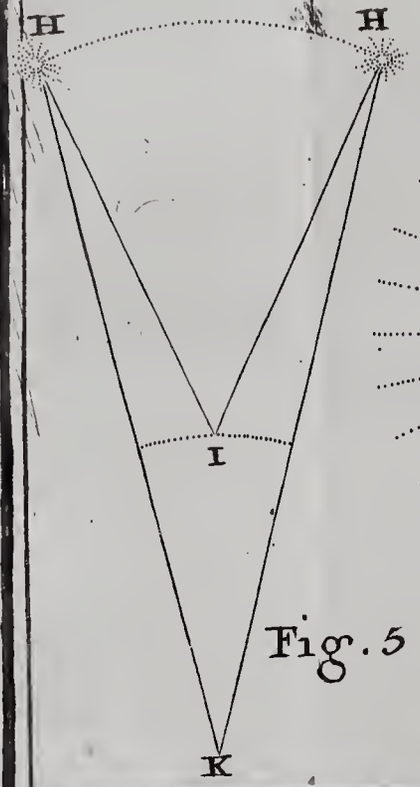


Fig. 5.

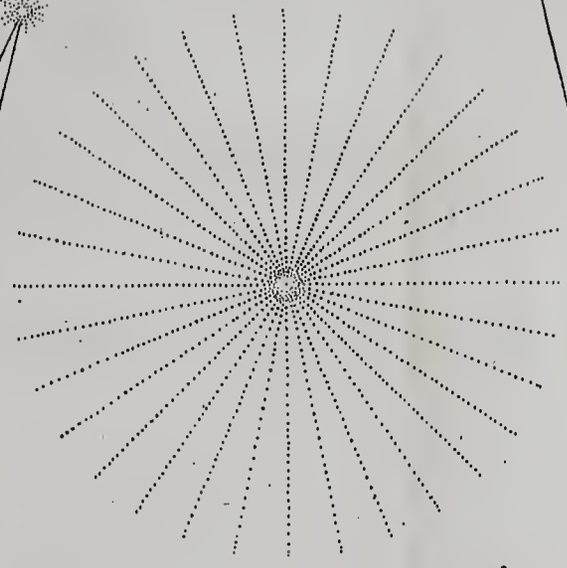


Fig. 4.

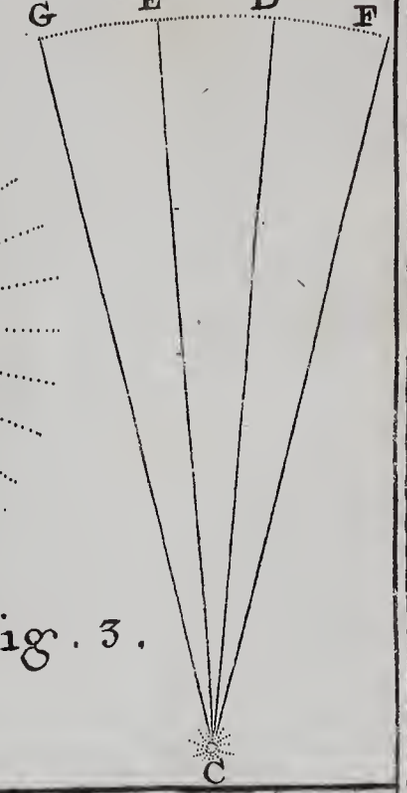
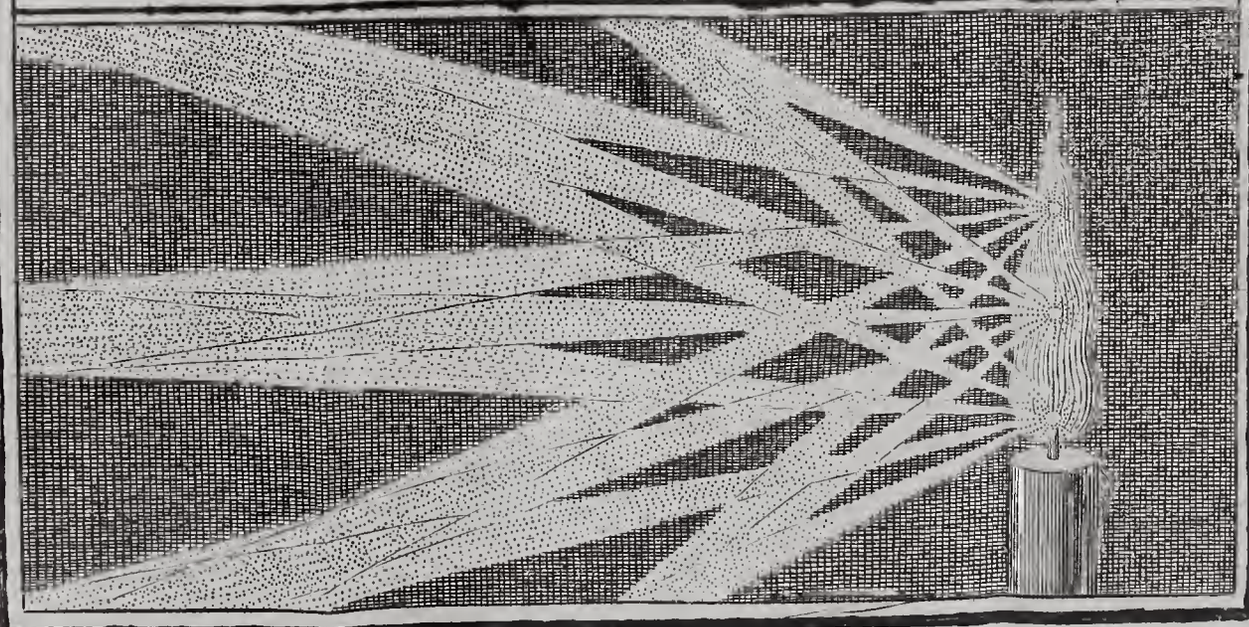


Fig. 3.



Gobin. Sc.

PREMIERE ÉXPÉRIENCE.

XV. Leçon.

PRÉPARATION.

ABCD, *fig.* 6, représente le volet d'une chambre bien fermée et bien obscure, exposée au midi, ou à peu près. A trois ou quatre pieds au-dessus du plancher, ce volet est percé à jour pour recevoir une caisse *EFGH*, de 18 pouces de haut, et d'un pied de largeur, dont les côtés sont arrondis circulairement, pour lui donner la liberté de tourner horizontalement sur deux pivots, *I*, *I*, à la maniere des tours qu'on a coutume de pratiquer dans les parloirs des Religieuses. Le devant de cette caisse, qui passe hors de la fenêtre, est entiérement ouvert, et porte en avant trois miroirs de métal plus longs que larges, et mobiles sur toutes sortes de sens. Le derriere de cette même caisse répond dans la chambre, et est entiérement fermé, à la réserve des trois trous *a*, *c*, *b*, d'un pouce de diametre chacun, et pratiqué dans une ligne horizontale, à égale distance l'un de l'autre, à peu près à la demi-hauteur de la caisse. Ces trous peuvent se rétrécir par des diaphragmes, recevoir des verres de

XV. LEÇON.

différentes sortes, ou se fermer entièrement quand il en est besoin. *F K*, est une regle de bois de 6 pieds de longueur sur 4 pouces de large, qui tient d'une part à la caisse, et est appuyée de l'autre sur un pied dans une situation horizontale. *L* est une platine de bois ou de métal, élevée verticalement, et portée sur un pied qu'on fait glisser suivant la longueur de la regle, pour l'éloigner ou l'approcher de la caisse : il faut avoir plusieurs de ces platines, dont les unes soient couvertes de drap noir, les autres peintes en blanc, et quelques-unes que l'on puisse percer aisément d'un ou de plusieurs trous, quand l'expérience l'exige.

Par le moyen de cette machine, on peut faire commodément quantité d'expériences sur les rayons solaires ; car en les recevant sur les miroirs qui sont au-dehors, et que l'on peut manier, en ouvrant pour un moment l'autre volet de la même fenêtre (*a*), qu'on suppose

(*a*) Ou bien si la partie de la caisse qui est dans la chambre, se trouve assez longue, on peut pratiquer à l'un de ses côtés une petite fenêtre, qui s'ouvrira quand on voudra changer l'inclinaison des miroirs.

en avoir deux, comme cela est pour l'ordinaire, on leur fait prendre une situation horizontale pour passer dans la chambre par les trous *a*, *c*, *b*, où ils reçoivent la forme et la couleur qu'on veut qu'ils aient, par le moyen de certains verres ou des diaphragmes qu'on y met ; et comme on peut faire tourner horizontalement la caisse et la regle *F K*, et tout ce qui est posé dessus, on a l'avantage de suivre, autant qu'on le veut, le mouvement du soleil, et de voir à son aise les effets qu'on s'est proposé d'examiner.

Pour l'expérience dont il s'agit maintenant, on doit fermer entiérement les deux trous *a*, *b*, et ajuster par dedans la caisse, à celui du milieu, un tuyau de deux pouces de longueur, qui porte une lentille de verre blanc de 18 lignes, ou environ, de diametre, et dont le foyer se trouve précisément en *c*, comme le bout du tuyau, qui doit avoir, en cet endroit, deux lignes d'ouverture ; par ce moyen le jet de lumiere, qu'on fait entrer dans la chambre, se divise en une infinité de rayons divergents, et représente

XV. LEÇON.

fortement, et d'une maniere bien vraie, ce qu'on doit entendre par un point radieux, ou un petit corps lumineux.

Il faut placer devant ce point radieux, à 5 ou 6 pouces de distance, une platine verticale et mince, *L*, percée de plusieurs trous ronds, qui aient chacun 4 lignes de diametre, et plus loin une autre platine, ou un carton blanc, *M*, que l'on fera avancer et reculer plus ou moins.

EFFETS.

On apperçoit sur le carton *M*, autant de cercles lumineux qu'il y a de trous à la platine *L*: ces cercles s'agrandissent, et leurs centres s'écartent les uns des autres à mesure que l'on recule davantage le plan qui les reçoit.

EXPLICATIONS.

Les images circulaires qu'on apperçoit sur le carton *M*, sont formées par des jets de lumiere que la platine *L* n'a pu intercepter, étant trouée aux endroits de son plan où ces jets se sont présentés: on conçoit assez qu'on

verroit le même effet se multiplier autant qu'on le voudroit, si l'on augmentoit le nombre des trous ; d'où il suit que, dans toute l'étendue de la platine, du côté qui regarde le point radieux *c*, il n'y a pas une espace circulaire de 4 lignes de diametre, qui ne reçoive un jet de lumiere semblable à l'un de ceux qu'on voit passer par les trous de cette même platine.

On ne peut pas douter que ces jets n'aient la forme d'une pyramide, puisqu'à une grande distance de leur origine, ils marquent de plus grands cercles sur le carton qui les reçoit ; et cela doit être, car ce sont des faisceaux ou des assemblages de rayons divergents, qui partent du point *c*, comme d'un centre commun ; par la même raison, les jets eux-mêmes vont en s'écartant les uns des autres de plus en plus : ce qui fait, que non seulement chaque cercle s'agrandit à mesure qu'on éloigne le carton, mais encore que les centres de ces cercles s'éloignent les uns des autres.

XV. LEÇON.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Tout étant disposé comme dans l'expérience précédente, il faut placer à un pied de distance du point radieux *c* une grande platine verticale *l*, percée au milieu d'un trou rond de 6 lignes de diametre, et recevoir sur le carton *m* la lumiere qui passera par ce trou, premiérement à un pied de distance de cette platine, ensuite à 2 pieds, à 3 pieds, etc., et mesurer avec un compas le diametre du cercle lumineux à tous les endroits où l'on arrêtera le carton, *fig.* 7.

EFFETS.

En procédant ainsi, on peut remarquer, 1°. que la lumiere s'affoiblit sur le carton *m*, à mesure qu'on l'éloigne de la platine trouée. 2°. Que le cercle lumineux s'agrandit de maniere qu'il acquiert un diametre double, triple, quadruple, etc., lorsqu'on éloigne le carton *m* de deux, de trois, de quatre pieds, etc., du trou *c*, où est le point radieux.

EXPLICATIONS. XV. LEÇON.

L'affoiblissement de la lumiere qu'on remarque sur le carton, à mesure qu'on le recule, est une suite nécessaire de la divergence des rayons ; car, puisqu'ils vont en s'écartant toujours de plus en plus les uns des autres, leur écartement doit être plus grand à une plus grande distance du point radieux *c* ; et plus ils occupent d'espace sur le plan qui les reçoit, moins il y en a sur chaque partie de cet espace.

Comme le diametre du cercle lumineux à deux pieds de distance du point radieux se trouve deux fois aussi grand qu'il étoit à 1 pied, et qu'à 3 et à 4 il est triple et quadruple, on doit en conclure, que les rayons sont, à la seconde distance, 4 fois, à la troisieme 9 fois, à la quatrieme 16 fois plus raréfiés qu'à la premiere; parce que les espaces circulaires sont entr'eux comme les chiffres 1, 4, 9, 16, etc., lorsque leurs diametres sont exprimés par ceux-ci 1, 2, 3, 4, etc, et comme les quatre premieres quantités qui représentent les degrés de raréfaction des rayons,

XV. LEÇON.

sont les quarrés (*a*) des quatre dernieres qui marquent les distances où l'on a mesuré le cercle lumineux, on peut dire en général : que *la lumiere qui vient directement du point radieux se raréfie, ou s'affoiblit, en raison du quarré de la distance ;* de sorte que si un petit morceau de carton, par exemple, qui soit égal au trou de la platine qui est à la premiere distance, étoit placé dans le cercle lumineux de la seconde distance, il y seroit quatre fois moins illuminé ; à 3 pieds il le seroit neuf fois moins ; et à 4 pieds, il ne recevroit que la seizieme partie des rayons que sa circonférence embrassoit quand il n'étoit qu'à un pied du trou *c* (*b*).

APPLICATIONS.

L'œil étant l'organe de la vue, et

(*a*) On appelle *quarré* le produit d'une quantité multipliée par elle-même : 4 est le quarré de 2 : 9, celui de 3 ; parce que deux fois 2 font 4, et que 3 fois 3 font 9.

(*b*) Je ne considere ici, comme l'on voit, que cet affoiblissement de la lumiere, qui vient de la divergence des rayons, faisant abstraction des autres causes qui produisent le même effet, et dont j'aurai occasion de parler ailleurs.

les

les effets dont j'ai à parler, étant presque tous relatifs à la vision, il seroit tout-à-fait convenable que l'on sût d'abord comment ce sens est affecté par la lumiere, et par quel méchanisme les rayons extérieurs portent leur action jusqu'au dedans; mais comme tout ce que j'aurois à dire sur cela tient à des principes qui ne sont point encore exposés, et qui ne peuvent l'être à présent, je suis forcé de différer cette instruction, et je ne considere maintenant que la prunelle de l'œil, comme une ouverture circulaire qui reçoit ou qui donne passage aux rayons émanés de l'objet lumineux ou illuminé. XV. LEÇON.

Je dis lumineux ou illuminé; car quoique je n'aie encore pris pour exemples que des corps qui luisent de leur propre fond, comme un astre, une bougie allumée, un phosphore, il faut savoir que tout autre objet devient sensible par l'action réfléchie de la lumiere qui l'éclaire; de sorte qu'on peut regarder chaque point visible de sa surface comme étant vraiment *radieux*, à cela près que les rayons qui en viennent, ne sont pas en si grand nombre et n'ont pas au-

XV. LEÇON.

tant d'activité que ceux d'un corps embrasé ou flamboyant. Si l'on faisoit, par exemple, en plein jour les deux expériences que je viens de rapporter, et qu'on couvrît le point radieux *c* avec un petit morceau de carton blanc, l'œil placé devant la platine *L* appercevroit cet objet par tous les trous qu'on y pourroit faire, fussent-ils au nombre de mille; et si au lieu de présenter un carton plein *M* aux différentes distances dont j'ai parlé, on se servoit d'un carton percé à jour, l'œil appercevroit encore le même objet dans toute l'étendue d'un trou rond dont le diametre pourroit croître en raison directe des distances.

On croira aisément que si la platine *L*, placée devant le point radieux *c*, étoit aussi large que l'embrasure de la fenêtre où se fait l'expérience, en quelqu'endroit qu'on y perçât un trou, l'œil du spectateur placé derriere appercevroit par-là le point *c*; et que si au lieu d'un trou, on en perçoit 100, autant de personnes pourroient faire ensemble la même épreuve, parce qu'il n'y en auroit aucune qui ne reçût en même-temps que les autres un

faisceau de rayons divergents procédants du point radieux : c'est par la même raison qu'un peuple entier voit tout-à-la-fois ce qui se présente à ses yeux dans une place publique, qu'une troupe nombreuse de soldats obéit à un seul signal, qu'un astre dans le même instant peut être apperçu par tous les êtres clairvoyants qui habitent une grande partie de la terre ; car autour d'un corps lumineux qui est isolé, il n'y a pas un endroit large comme la prunelle de l'œil du plus petit animal, qui ne puisse recevoir la base d'une pyramide de rayons animés ou renvoyés par cet objet.

XV. LEÇON.

Les pyramides de lumiere qui viennent du point radieux à l'œil, et que nous nommerons simplement *rayons*, quand nous n'aurons en vue que leur direction, ou la ligne qui leur sert d'axe, sont parfaitement droites dans un milieu homogêne : cette vérité, dont nous faisons tous les jours l'épreuve depuis notre enfance, est reçue comme un axiome : c'est en vertu de cette connoissance, que le chasseur estime la perdrix dans la direction de son fusil ; qu'un ingénieur, pour aligner un che-

XV. LEÇON.

min ou un fossé planté de piquets, dont les extrémités se trouvent rangées dans le rayon visuel ; qu'un géometre juge un objet dans l'éloignement des pinules ou de la lunette de son instrument : car si l'on n'étoit pas bien sûr que le rayon qui va de l'objet à l'œil est parfaitement droit dans toute sa longueur, on ne pourroit pas légitimement conclure la position de cet objet, par la partie du rayon visuel qui auroit suivi l'instrument en arrivant à l'œil.

C'est encore sur la foi de cet axiome, et par la grande habitude que nous avons de voir, que nous déterminons la direction dans laquelle se trouve chaque point visible d'un objet, et sa distance quand elle n'est pas grande. A l'égard de la direction, nous voyons toujours l'objet dans la longueur indéterminée de l'axe de la pyramide lumineuse qui nous le fait sentir dans la ligne *PQ*, *fig.* 8 ; et quant à la distance, nous le rapportons ordinairement à l'endroit de cet axe, où les rayons divergents qui entrent dans l'œil, iroient en droite ligne se réunir ou se croiser, s'ils retournoient sur leurs pas, en *R*, par

exemple. Cette regle nous domine tellement dans la vision des objets, que nous la suivons comme malgré nous, lors même que la réflexion nous apprend qu'elle nous trompe, comme on le verra dans la suite par le détail que nous ferons de ses exceptions.

Au reste, ce n'est pas seulement la vue qui nous fait juger ainsi de la distance et de la direction des objets qui sont hors de nous; cela est commun aux autres sens, quoique peut-être avec moins de précision. Un aveugle, qui cherche le feu pour se chauffer, s'avance en droite ligne autant qu'il peut vers l'endroit d'où il sent que vient la chaleur, et il juge qu'il en est assez près, par l'impression plus ou moins forte qu'il en ressent. Nous allons de même à la découverte du corps odorant ou du corps sonore, et nous connoissons à peu près son degré de proximité, par la quantité d'odeur ou de son qui frappe l'organe; si les échos nous trompent, si quelquefois nous avons peine à décider de quel côté est une cloche dont le son se répete fortement, n'est-ce point parceque nous savons dès nos plus tendres

XV. LEÇON.

années, que le son nous vient naturellement en ligne droite et sans détours, du lieu où on le fait naître ?

Puisque la vision des objets se fait en ligne droite, on doit s'attendre qu'elle n'aura pas son effet, quand cette ligne sera interrompue par quelque obstacle. Nous avons déjà observé dans la VIIe Leçon, qu'un vaisseau qui vient de la pleine mer au continent apperçoit les clochers et les cheminées d'une ville, avant que de voir le rez-de-chaussée des édifices, et que ceux qui sont dans le port et qui commencent à découvrir ce vaisseau arrivant, reconnoissent le haut des mâts et des voiles, avant que de voir le corps du bâtiment : c'est, comme je l'ai dit alors, un effet de la convexité de la mer qui suit celle du globe terrestre dont elle fait partie ; mais cela n'arrive ainsi que parce que cette courbure de la surface de l'eau interrompt le rayon visuel du spectateur qui cherche à voir la partie la plus basse de l'objet. Voyez la fig. 8, tome II, p. 266.

Ce sont ces obstacles par lesquels les rayons de lumiere se trouvent interrompus, qui produisent ce que l'on

Fig. 8.

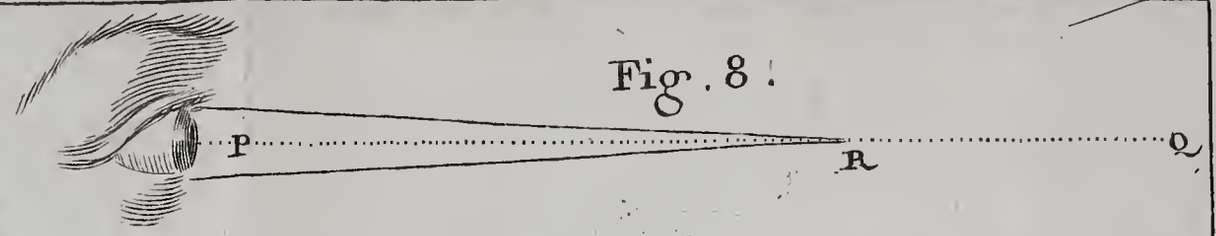


Fig. 7.

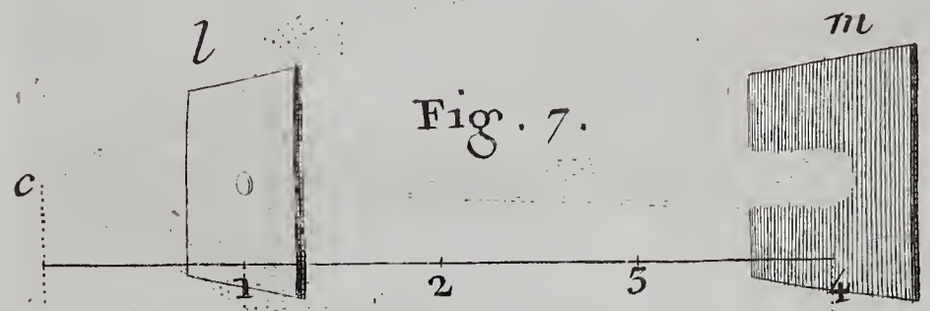
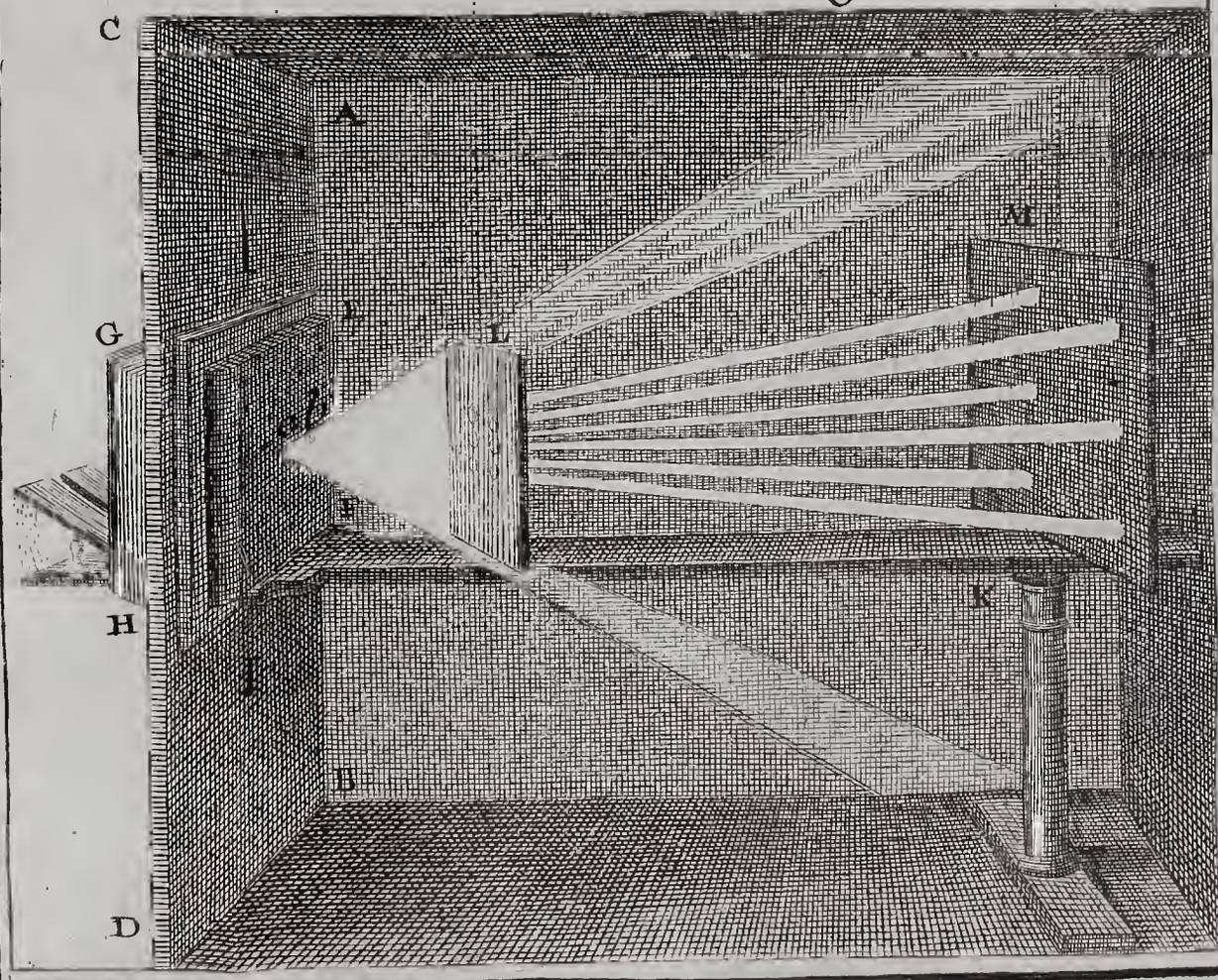


Fig. 6.



Gobin. Sc.

appelle *ombre* (*a*), en empêchant que le mouvement de vibration imprimé aux files de globules par le corps lumineux, comme je l'ai expliqué précédemment, ne se communique plus loin. L'ombre n'est donc autre chose, à proprement parler, qu'une lumiere éteinte, par l'interposition d'un corps opaque : elle doit occuper par conséquent tout l'espace qui seroit illuminé par cette portion de lumiere, si elle avoit le mouvement qu'elle ne peut plus recevoir. On peut s'en convaincre aisément, si l'on en doute, en bouchant en tout ou en partie le trou de la platine *l* ; car alors le cercle lumineux qu'on a coutume de voir sur le carton blanc *m* disparoîtra entiérement, ou bien il souffrira un retranchement qu'on verra croître dans la même proportion que lui, à mesure qu'on reculera

XV. LEÇON.

(*a*) Il y a bien des choses curieuses à dire au sujet de l'ombre : l'abondance des matieres que j'ai à traiter dans ce volume m'oblige à remettre celle-ci à une autre occasion : j'en pourrai parler dans la XVIII. Leçon, où il s'agira du mouvement des astres et des effets qui en résultent.

XV. Leçon.

le carton pour l'éloigner du point radieux *c*.

Il suit de-là, qu'un petit obstacle produit beaucoup d'ombre, lorsqu'il est près du corps lumineux, et qu'il en fait moins à mesure qu'il s'en éloigne davantage : la proportion est telle que le nombre des rayons interceptés diminue comme le quarré de la distance qui augmente ; c'est-à-dire, que quand l'obstacle est à une distance double, triple ou quadruple, il intercepte 4 fois, 9 fois ou 16 fois moins de lumiere, que quand il étoit à la premiere distance ; car puisqu'une pyramide de rayons divergents occupe sur le carton placé à la deuxieme distance 4 fois plus d'espace qu'à la premiere, il est évident qu'un corps opaque d'une grandeur déterminée qui, à la distance d'un pied, arrêteroit toute cette pyramide, n'en doit plus arrêter que le quart à la distance où le cercle formé par cette lumiere, se trouve 4 fois aussi grand que lui.

On voit par-là, pourquoi les taches qui viennent aux yeux vis-à-vis de la prunelle n'empêchent pas absolument de distinguer les objets, tant

qu'elles n'en couvrent qu'une petite portion ; car comme elles n'interceptent qu'une partie des rayons divergents qui forment chaque pyramide lumineuse, elles en laissent encore passer assez de chacune pour rendre sensibles, quoique plus foiblement, tous les points d'où partent ces pyramides. Les personnes qui ont les yeux dans cet état, peuvent suppléer en quelque façon au nombre des rayons qui leur manquent, par l'activité de ceux qui restent, en éclairant l'objet d'une maniere plus forte : il y a même des moyens pour faire entrer par la partie de la prunelle qui n'est point couverte plus de rayons qu'il ne s'en présente naturellement, et par-là dédommager l'œil de ce que sa tache lui fait perdre ; mais outre que ces moyens n'appartiennent point à l'action immédiate de la lumiere dont nous sommes maintenant occupés, ils ont l'inconvénient de changer la divergence des rayons, et nous ferons voir ailleurs, que bien loin d'aider la vision, cela peut y nuire, quand l'œil n'a point d'autre défaut que celui d'être taché.

XV. LEÇON.

Comme on voit la lumiere s'affoiblir sur le carton *m*, à mesure

XV. LEÇON.

qu'on l'éloigne du point *c*, on doit penser qu'elle diminue de même sur l'œil qui la reçoit, lorsqu'il s'écarte de plus en plus de l'objet qu'il regarde ; ce qui fait qu'à un certain degré d'éloignement nous cessons de le voir ; car nous ne pouvons le distinguer que par les points lumineux ou visibles de sa surface : or ces points cessent d'être sensibles pour nous, dès que les jets de lumiere qui en viennent font des impressions trop foibles sur l'organe ; et c'est ce qui arrive, lorsque nous regardons de trop loin, parce qu'alors ces jets, à cause de la divergence de leurs rayons, se trouvent trop raréfiés, pour que ce qu'il en entre dans la prunelle, puisse se faire sentir suffisamment (*a*) ; mais ce de-

(*a*) Quoique ceci doive entrer en considération pour les objets qu'on regarde de loin, je ne prétends pas pour cela que ce soit la cause principale qui nous les fait perdre de vue : à une certaine distance, les rayons qui viennent à l'œil d'un même point de l'objet, sont comme paralleles entr'eux ; leur divergence est si petite, qu'elle ne contribue presque plus à leur affoiblissement : cet effet dépend plus essentiellement de quelques autres causes dont je ferai mention ci-après.

gré d'éloignement où la vue manque, varie selon l'état de l'œil, la nature ou les qualités de l'objet, et l'intensité de la lumiere qui le rend visible. XV. LEÇON.

Quand je dis l'état de l'œil, je ne prétends parler ici que de son degré de sensibilité : il n'est point encore temps de raisonner sur la figure de ses humeurs, dont les changements influent plus que toute autre chose sur l'étendue de la vision distincte : il est certain que cet organe est, comme tous les autres, plus sensible dans certaines personnes, dans certains animaux, et qu'il est sujet aussi à vieillir, à s'user, à se gâter : l'âge, les maladies, l'abus qu'on en peut faire en l'appliquant trop long-temps ou trop souvent à des objets fort lumineux ; tout cela est bien capable d'altérer la sensibilité de l'œil ; et telle lumiere que la distance a rendu trop foible pour toucher efficacement celui-ci, fera encore une impression suffisante sur celui-là s'il est mieux constitué, ou mieux conservé : bien des gens voient par cette seule raison plus distinctement que d'autres tous les

XV. LEÇON.

objets, et les découvrent de plus loin.

Les efforts qu'on fait pour appercevoir ce qui est fort éloigné, tendent à dilater la prunelle autant qu'il est possible, pour recevoir un plus grand nombre de ces rayons trop raréfiés : c'est un moyen que la nature inspire, et qui a son effet : mais il est bien limité ; l'art en fournit d'autres qui sont beaucoup plus puissants, et dont je parlerai quand l'ordre des matieres le permettra.

Les personnes dont les yeux sont très-sensibles, et qui ont, comme on dit, *la vue tendre*, ont l'avantage de voir où les autres ne voient pas ; il s'en est trouvé qui lisoient pendant la nuit sans chandelle, et qui distinguoient tout dans des souterreins, et dans des cachots très-obscurs ; mais pour l'ordinaire elles ont le désavantage de ne voir qu'avec peine les objets qui sont fort éclairés et d'une couleur resplendissante : j'en connois qui ne peuvent soutenir la vue du pavé, lorsque les rayons du soleil donnent dessus en été, et qui en voyageant sur la neige, sont obligés d'avoir les yeux

presque toujours fermés : ces sortes de vues se fatiguent aussi fort aisément ; elles ne sont point à l'épreuve d'une longue lecture, sur-tout à la bougie, ni d'une longue suite d'observations délicates.

Les hiboux, les chats et les autres animaux qui chassent pendant la nuit, ont des yeux qui s'ouvrent beaucoup : comme ils ne voient ordinairement que par des rayons de lumiere très-foibles et très-raréfiés, la nature leur a donné le moyen d'en recevoir un plus grand nombre ; elle joint sans doute à cet avantage celui d'un organe très-sensible : car on peut remarquer que la grande lumiere fait mal à ces animaux ; et que quand ils y sont exposés, plusieurs d'entr'eux ont soin de rétrécir beaucoup la prunelle, à quoi la nature a encore pourvu par une organisation particuliere.

L'espece et les qualités de l'objet font encore qu'on l'apperçoit à une distance plus ou moins grande. Si c'est un corps lumineux par lui-même, comme la flamme et tout ce qui y ressemble, tous les points de sa surface sont radieux ; et si cette flamme a

XV. LEÇON.

beaucoup d'activité, les rayons de lumiere qu'elle anime en deviennent plus puissants ; ainsi la plus petite bougie allumée s'apperçoit de plus loin qu'un ver-luisant pendant la nuit, et l'un et l'autre beaucoup mieux qu'un corps opaque de même grandeur et également éloigné qu'on prendroit soin de bien éclairer. Rien n'approche davantage de ces corps qui brillent par eux-mêmes, que les surfaces polies et de couleurs vives, comme le blanc, le rouge, le jaune, etc., parce que d'une part, il y a plus de points lumineux, et que, de l'autre, chacun de ces points brille davantage. On découvre de 25 ou 30 lieues et même de plus loin certaines montagnes couvertes de neige qu'on perd de vue dès que cette neige vient à se fondre.

Enfin, la maniere dont un objet est éclairé, fait encore qu'on l'apperçoit à des distances bien différentes ; car si la lumiere qui le rend visible ne part point de lui immédiatement, elle a des effets plus ou moins limités à proportion de sa force primitive, du chemin qu'elle a fait, et des milieux

qu'elle a traversés avant que d'arriver à l'objet qu'elle éclaire ; mais je ne dois point m'arrêter maintenant à ces considérations, parce qu'elles appartiennent à d'autres parties que j'aurai à traiter par la suite. XV. LEÇON.

En considérant la diminution de la lumiere causée par la divergence des rayons, on doit penser que des comparaisons semblables à celles de notre IIe expérience ne peuvent plus la rendre sensible, cette diminution ou cet affoiblissement, quand le point radieux est à une très-grande distance, tel que seroit un point de la surface du soleil, ou d'une étoile fixe (*a*); car alors ces rayons sont si peu divergents, qu'on peut les regarder comme étant sensiblement paralleles. Si l'on pouvoit faire passer dans un lieu obscur un jet de lumiere venant d'un seul point du soleil (*b*) on le verroit indubitablement sous une forme, non

(*a*) Et même à des distances beaucoup moins grandes.

(*b*) On verra par la suite que cela n'est pas facile, et qu'un rayon du soleil qui passe par le trou d'une fenêtre dans une chambre obscure, n'est pas ce que l'on demande ici.

XV. LEÇON.

pyramidale, mais cylindrique ; et par conséquent à quelque distance du trou qu'on le reçût sur un plan, l'espace qui en seroit illuminé ne changeroit pas de grandeur. On voit par-là pourquoi des objets de cette espece, qui ont la force d'animer des rayons aussi longs, sont apperçus à 100 lieues plus loin comme à 100 lieues plus près : car les rayons qui viennent de chaque point de leur surface, étant comme paralleles entr'eux, l'œil éloigné plus ou moins en reçoit toujours à très-peu près une égale quantité.

Mais la lumiere ne décroît pas seulement par la divergence naturelle de ses rayons, elle s'affoiblit encore en traversant les milieux même les plus diaphanes ; car on a beau imaginer qu'elle y trouve des pores alignés dans toutes les directions possibles, et remplis d'une lumiere éteinte à laquelle elle n'a qu'à communiquer son mouvement, il arrive que les parties propres de ces milieux interrompent de temps en temps la contiguité des globules, et occasionnent ou des déviations ou des mouvements rétrogrades qui dimi-

nuent d'autant le progrès de la lumiere en avant. Le morceau de verre le plus mince et le plus transparent repousse toujours une partie des rayons qui se présentent à sa surface ; l'eau la plus limpide ne laisse point pénétrer la lumiere jusqu'au fond de son bassin, s'il a une certaine profondeur ; l'air de l'atmosphère ne laisse point arriver jusqu'à nous toute celle qui se dirige des astres vers notre globe, et sans lui nous distinguerions bien mieux et de plus loin les objets qui se présentent à notre vue.

Il y a certainement de quoi méditer sur cette matiere qui est encore neuve ; quoique quelques savants en aient déjà fait l'objet de leurs recherches : il seroit aussi curieux qu'utile de savoir au juste et dans toute son étendue de combien la lumiere diminue à la surface et dans l'intérieur des corps où elle peut pénétrer, et les rapports qu'il y a entre les degrés de transparence et les différentes épaisseurs de ces mêmes corps ; mais en attendant qu'on ait sur cela tout ce qu'il y auroit à desirer, on peut

XV. LEÇON.

se contenter d'un excellent ouvrage qui fut imprimé en 1729 (*a*), et que M. Bouguer, son auteur, donna modestement comme un essai : j'en donnerois volontiers ici un extrait, si je n'appréhendois de faire tort à cet ouvrage par des abréviations dont il est peu susceptible : je crois plus à propos d'y renvoyer le lecteur qui se croira suffisamment initié.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On emploie pour cette expérience le même appareil qui a servi dans les deux dernieres, en ajoutant à chacun des trous *a* et *b* un verre lenticulaire semblable à celui du trou *c* ; et aux bouts des deux tuyaux du côté qui répond à la chambre, des petits verres plans colorés, l'un en rouge, l'autre en bleu, afin que la lumiere qu'on y fait passer par le moyen des mi-

(*a*) Réimprimé, en 1760, avec beaucoup d'augmentations par les soins de feu M. l'abbé de la Caille, sous ce titre : *Traité d'Optique sur la gradation de la lumiere, etc. A Paris, chez la veuve Desaint.*

roirs, se montre avec ces deux cou-leurs. A 2 ou 3 pieds de distance de la caisse, on place sur la regle *FK* une platine verticale couverte de drap noir, et l'on attache vers le milieu un cercle de carton blanc de 12 ou 14 lignes de diametre. Les trois trous *a*, *b*, *c*, sont couverts de trois petites pieces de laiton qui s'abaissent sur chacun d'eux et qui peuvent se lever séparément ou toutes ensemble.

EFFETS.

Le petit cercle de carton qui est appliqué sur le drap noir, paroît couvert d'une lumiere rouge, quand on découvre le trou *o*; d'une lumiere bleue, quand on découvre le trou *b*; d'une lumiere plus vive, mais sans couleur, lorsqu'on tient ouvert le trou *c* seulement; et enfin il se tient d'une lumiere purpurine, lorsqu'on ouvre ensemble les deux trous *a* et *b*.

Ces mêmes affets subsistent, quoiqu'on fasse avancer ou reculer la platine verticale, et que l'on porte à droite ou à gauche le petit cercle de carton blanc qui est appliqué dessus.

XV. LEÇON.

EXPLICATION.

Chacun des deux trous *a*, *b*, étant précisément l'endroit où viennent se croiser les rayons solaires réfléchis par le miroir sur la lentille du verre dont l'autre bout du tuyau est garni, on doit le considérer comme un point radieux semblable à celui du trou *c*, avec cette seule différence, que la lumiere tamisée par un verre rouge ou bleu paroît dans la chambre sous l'une ou l'autre de ces deux couleurs.

Puisqu'un point radieux anime tout autour de lui des rayons divergents dont il est le centre, on doit s'attendre que chacun de ceux-ci étant découvert, illuminera entiérement la platine qui lui est opposée à deux ou trois pieds de distance, fût-elle beaucoup plus grande qu'elle n'est : voilà pourquoi le petit cercle de carton blanc placé sur le drap noir se trouve illuminé d'une lumiere, tantôt rouge, tantôt bleue, selon qu'on a découvert l'un ou l'autre des deux trous *a* ou *b*, et qu'il brille simplement d'une lumiere sans couleur, quand il n'y a que le trou *c* ouvert. C'est encore

pour la même raison, que ces effets subsistent constamment, à quelque endroit qu'on attache le petit cercle de carton sur la platine.

On ne peut pas douter que la même platine ne reçoive aussi dans toute son étendue en même-temps la lumiere de tous les points radieux auxquels elle est exposée ; puisque les deux trous *a* et *b* étant découverts ensemble, le petit cercle de carton, en quelqu'endroit qu'on le mette sur la platine, reçoit une couleur purpurine ; car il est évident que cela vient du mêlange des deux couleurs, rouge et bleue.

Le petit cercle de carton blanc est illuminé plus vivement et sans couleur par la lumiere qui passe en *c*, que par celle qui vient des deux autres ouvertures, parce que n'ayant que la lentille de verre à traverser, elle souffre moins de déchet que dans les deux autres tuyaux, où il y a encore des verres de couleur. J'aurois à ajouter une autre raison au moins aussi forte que celle-là ; mais je ne puis la faire valoir, que quand j'aurai fait connoître comment la lumiere devient

XV. LEÇON.

capable de colorer les objets, et en quoi elle differe alors de son état ordinaire.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Cette expérience se prépare comme la précédente ; mais au lieu de la platine couverte de drap noir, on en emploie une autre qui est faite d'une feuille de métal qui a une demi-ligne d'épaisseur ; et qui est ouverte au milieu par un trou rond de 6 lignes de diametre ; à un pied ou 15 pouces de distance plus loin, on en présente une autre de carton blanc, et sans ouverture.

EFFETS.

Les trois trous de la caisse *a*, *b*, *c*, étant ouverts ensemble, et radieux, on apperçoit sur le carton blanc trois cercles lumineux, dont un rouge, un bleu, et un autre sans couleur, rangés sur une même ligne, mais dans un ordre opposé à celui des trous radieux ; c'est-à-dire, que le cercle rouge dont la lumiere vient du point

a se trouve en *d*, le bleu formé des rayons qui ont passé par *b* se voit en ; celui qui n'est point coloré occupe e milieu *e* comme le trou *c*, d'où vient a lumiere. Voyez la *fig.* 9.

Si l'on éloigne davantage le carton de la platine trouée, il en arrive de nouveaux effets. Premiérement chacun des trois cercles s'agrandit ; et en second lieu, les centres de ceux des côtés *d*, *f*, s'éloignent davantage de celui du milieu.

EXPLICATIONS.

Nous avons vu par la derniere expérience, que le petit cercle de carton blanc, en quelqu'endroit qu'on le mît sur la platine de drap noir, devenoit toujours comme la base commune des pyramides de lumiere qui venoient des trois points radieux *a*, *b*, *c* ; ces mêmes pyramides ne trouvant plus cet obstacle, mais un passage libre à travers la platine verticale, se prolongent jusques sur le carton, chacune d'elles suit sa premiere direction : la rouge et la bleue se croisent au passage sur celle du milieu ; de maniere que leurs bases prennent

XV. LEÇON.

des situations opposées à celles de leurs pointes, celle qui part de la droite aboutit à la gauche, et l'autre s'étend de la gauche à la droite.

Si le carton vient à s'éloigner davantage de la platine percée où se fait le croisement, chacun des cercles lumineux devient plus grand à cause de la divergence des rayons, dont la pyramide est composée, comme je l'ai fait entendre plus haut; et les centres des deux cercles colorés s'éloignent de celui du milieu, parce que les pyramides dont ils sont la base deviennent divergentes entr'elles, après s'être croisées, ce qui est très-aisé à comprendre.

A l'occasion de cette divergence causée par le croisement des pyramides lumineuses, il y a une remarque importante à faire; c'est que les rayons qui se croisent ainsi, forment deux angles opposés par leurs pointes, et par conséquent égaux entr'eux, d'où il suit que l'écartement réciproque des cercles colorés *d*, *f*, dépend non seulement de la distance qui est entre la platine percée et le carton, comme je l'ai fait voir ci-devant; mais

mais encore de celle qui se trouve entre l'endroit où se croisent les rayons et les points radieux *a*, *b*, d'où procede la lumiere : car on conçoit bien que si cette derniere distance étoit plus petite, par cela seul les angles formés par les rayons, tant avant qu'après le point de croisement, seroient plus grands, comme aussi ces mêmes angles deviendroient plus petits, si les points radieux *a*, *b*, s'éloignoient davantage du plan dans lequel ils vont se croiser.

APPLICATIONS.

Tout objet, lorsqu'il devient visible, étant radieux par tous les points de sa surface, comme je l'ai expliqué, page 63, et la prunelle de l'œil pouvant être considérée, ou comme un espace circulaire qui reçoit les rayons de la lumiere, ou comme un trou rond qui les laisse passer, on peut aisément expliquer au sens de la vue tous les faits qui se sont offerts dans les deux dernieres expériences, et y rapporter un grand nombre de phénomenes que personne n'ignore, mais dont peu de gens sont en état de se

XV. LEÇON.

rendre raison : arrêtons-nous seulement à ceux qui dépendent immédiatement de la direction des pyramides lumineuses qui procédent des différents points de l'objet et de leur croisement dans la partie antérieure de l'œil, renvoyant à une autre occasion tout ce qui tient particuliérement à la structure de l'organe, dont je n'ai encore rien dit. Or, ces phénomenes concernent la situation, la grandeur, la distance, la figure et la clarté de l'objet apperçu.

L'œil qui est en fonction ou qui regarde, de même que le petit cercle de carton de la IIIe expérience, devient comme la base commune d'une infinité de pyramides de lumiere qui ont leurs sommets aux points radieux d'un corps visible ; et quoique cet œil change de place, il apperçoit toujours le même objet devant lequel il est, non par ces rayons dont il étoit frappé d'abord, mais par d'autres tout-à-fait semblables ; puisque chaque point de la surface qu'il contemple anime un hémisphere entier de ces rayons divergents, dont chaque pyramide lumineuse n'est qu'une très petite portion.

Mais pourquoi l'objet diversement coloré, moitié rouge, par exemple, et moitié bleu, ne se voit-il pas sous une couleur mixte; puisque nous avons vu le petit cercle de carton se teindre en pourpre par le mêlange des rayons qu'il recevoit en même-temps du point *a* et du point *b*, dans la IIIe expérience.

C'est que la prunelle n'est point le dernier terme des rayons qui s'y rassemblent : cette partie de l'œil n'est qu'une simple ouverture, bien moins semblable au petit cercle de carton qui arrête les pyramides lumineuses de la IIIe expérience, qu'au trou de la IVe, qui les laisse passer outre. On doit donc concevoir que toutes ces pyramides de lumiere qui vont aboutir à l'œil, passent sans confusion par la prunelle, en s'y croisant, comme on l'a vu faire aux deux rayons rouge et bleu : après quoi elles continuent leurs routes jusqu'au fond de l'œil, où chacune d'elles fait son impression séparément de l'autre.

Or ce sont toutes ces impressions qui dessinent l'image de l'objet, comme je l'expliquerai plus particu-

XV. LEÇON.

liérement en parlant de la vision distincte : ainsi puisqu'on a vu par la IVe expérience, *fig.* 9, le rayon rouge partir de la droite, et aboutir à la gauche du rayon *c*, *e*, après avoir passé par le trou de la platine, et le rayon bleu passer de la gauche à la droite ; on doit penser que tous les faisceaux de lumiere qui se rendent des différents points de l'objet à l'œil, se croisent parcillement dans la prunelle, et que l'image qui en résulte au fond de cet organe, prend une situation renversée. C'est ainsi, et par les mêmes raisons, qu'étant dans une chambre bien fermée, où la lumiere n'entre que par un trou pratiqué au volet de la fenêtre, ou à la porte, on apperçoit au plafond et sur la muraille la figure et les mouvements des objets extérieurs, mais dans un ordre renversé.

Oui : c'est une vérité constante, que tout objet éclairé et placé devant l'œil se peint au fond de cet organe, de maniere que son image y prend une situation opposée à celle qu'il a. Un homme qui se tient debout y est représenté la tête en bas, et sa main

droite devient la gauche : on peut s'en convaincre par une expérience assez curieuse, mais qui demande un peu d'adresse pour être exécutée avec succès. Il faut fermer la porte et les fenêtres d'une chambre pour la rendre bien obscure, pratiquer à un des volets un trou rond de 5 à 6 lignes de diametre, et y appliquer par sa partie antérieure un œil de veau, ou de mouton, bien frais, dont on ait enlevé tous les téguments, à la réserve du dernier, qui touche immédiatement l'humeur qu'on nomme *vitrée*. Si cette préparation est bien faite, et qu'on prenne soin de ne point changer la forme naturelle de l'œil en le pressant, ceux qui seront dans la chambre verront fort bien sur le fond de cet œil, et dans une situation renversée, les objets extérieurs qui seront bien éclairés, avec tous leurs mouvements et leurs couleurs naturelles.

XV. LEÇON.

Si l'on s'étonne de voir les objets droits, quand on sait qu'ils se représentent toujours renversés dans nos yeux, c'est que l'on confond mal à propos l'impression qui se fait sur l'organe, avec le jugement de l'ame qui

XV. LEÇON.

la suit. *Regarder* et *voir* sont deux choses différentes ; en distinguant l'une de l'autre, j'ose me flatter que je pourrai rendre raison du phénomene dont il s'agit, sans me jetter dans ces raisonnements trop métaphysiques, dont quelques Auteurs célebres ont fait usage, et sans avoir recours à ces suppositions forcées qu'on est surpris de trouver dans des ouvrages de réputation.

Regarder un objet, c'est se tourner vers lui pour en recevoir l'image au fond de l'œil ; mais, quoique cette image s'y trace avec les couleurs les plus vives, nous ne voyons pas cet objet qu'elle représente, et qui est hors de nous, à moins que l'impression faite sur l'organe, n'excite ou ne réveille en nous l'idée de sa présence, et ne nous porte à juger de sa grandeur, de sa situation, de sa distance, de sa couleur, de ses mouvements, etc. Ce qui prouve bien que la vision n'est point accomplie, par cette seule peinture de l'objet, c'est qu'elle se fait également dans les yeux d'un mort, comme on peut s'en assurer par l'expérience que j'ai rapportée

ci-dessus : et, d'ailleurs, nous n'avons pas un instant les yeux ouverts en plein jour, que la lumiere n'y peigne une infinité d'objets que nous ne voyons cependant point, parce que l'ame occupée d'autres choses, ne fait pas attention à tout ce qui se passe sur l'organe de la vue : elle en fait de même à l'égard des autres sens.

Voir est donc un acte de l'ame par lequel nous rapportons, à une certaine distance de nous, la cause des impressions qui se font sentir sur l'organe, ou, si vous voulez, tout ce qui est représenté par l'image qui se trace au fond de l'œil. Or, ce petit tableau est un assemblage de points, dont chacun est imprimé par un pinceau de rayons qui vient en droite ligne de l'objet visible. Réduisons ces pinceaux à des rayons simples, n'en considérons que les axes, et supposons que *A*, *B*, *fig.* 10, soient les deux extrémités d'une fleche que je regarde, et que *C* en soit le milieu. Nous pouvons appliquer à ces trois points, et à leurs images, ce que nous avons appris par la IVe expérience : les rayons extrêmes allant se croiser en *E* sur celui du

XV. LEÇON.

milieu, doivent aboutir en *a* et en *b*, et se représenter par conséquent sur la ligne *DD*, dans un ordre tout opposé à celui qu'ils avoient avant leur croisement.

Présentement, il faut se rappeler ce que nous avons dit ailleurs, que nous jugeons naturellement l'objet de la vision au bout des pyramides ou faisceaux de lumiere qui nous le font sentir. Si cela n'est pas toujours vrai, quant à l'estimation de la distance, c'est une chose incontestable et infaillible par rapport à la direction ; et c'est-là le point essentiel pour la question que je traite. Il n'est donc pas douteux, et personne ne trouvera extraordinaire que je rapporte en *C* ce que je sens sur la partie *c* de mon œil ; et pourquoi ne rapporterois-je pas de même en *A* ce dont l'image est imprimée en *a*, et pareillement en *B*, le bout de la fleche qui m'affecte par le rayon *B b*? Ces deux derniers jugements sont aussi légitimes que le premier, et j'en puis dire autant de tous les autres points visibles de l'objet pris séparément.

Mais si en rapportant ainsi chaque point de l'objet au bout du rayon qui

m'en trace l'image, je vois le bout de la fleche *A* au-dessus de *C*, et l'autre extrémité *B* au-dessous de ce même point; ou, ce qui est la même chose, si je vois la fleche droite, quoi qu'elle se représente renversée dans mes yeux, est-ce une nouvelle merveille à expliquer ? n'est-ce pas plutôt une suite nécessaire de ce que j'apperçois cette fleche par des rayons croisés, et de ce que je suis le penchant naturel que j'ai à rapporter chaque point de l'objet à l'extrémité du rayon qui me le rend visible ?

N'imaginons donc pas, comme on l'a fait, contre toute vraisemblance, que nous voyons naturellement les objets renversés, et que ce n'est que par habitude, et à force d'expériences, que nous apprenons à bien juger de leurs situations. Les enfants et les animaux nouveaux-nés nous donnent des preuves du contraire dans les premiers mouvements qu'ils font pour exprimer leurs besoins et leurs desirs. Disons plutôt qu'il est impossible que nous voyions jamais les objets autrement que dans leurs situations naturelles, avec des rayons qui se croisent

XV. LEÇON.

toujours en entrant dans l'œil, à moins que nous ne supposions très-gratuitement, que dans la vision nous ne rapportons pas, comme dans l'exercice des autres sens, les objets qui sont hors de nous dans la direction des signes ou des moyens que la nature emploie pour nous les rendre sensibles.

Pour signifier qu'un homme a le coup d'œil juste dans l'estimation des grandeurs, ou de la distance d'un corps à un autre, on dit communément, dans le discours familier, qu'il a *le compas dans l'œil*. Cette expression répond, on ne peut pas mieux, aux angles que forment les rayons, qui, partant des extrémités de l'objet, viennent se croiser dans la prunelle, et que nous nommerons dorénavant *angles optiques* ou *angles visuels*. Ces lignes droites, en s'entrecoupant ainsi, *fig.* 10, font l'office d'un compas de réduction, dont les deux branches courtes s'ouvrent sur le fond de l'œil proportionnellement à la quantité dont les grandes sont ouvertes pour embrasser l'objet entier : tout le monde, en ce sens, a *le compas dans l'œil ;*

mais il y a des gens qui s'en servent mieux que les autres ; c'est-à-dire, qu'ils ont l'avantage particulier de juger ou d'estimer sûrement les grandeurs d'après des impressions qui sont communes à tous ceux qui voient ; et c'est pour eux, sans doute, que cette façon de parler a été mise en usage.

Nous voyons donc les objets plus grands, lorsque les angles visuels qui embrassent leurs dimensions sont plus ouverts ; parce qu'alors ces mêmes dimensions, je veux dire, leur hauteur, longueur, largeur, sont rendues au fond de l'œil sous des angles semblables, et que l'image qui en résulte y occupe un plus grand espace : ainsi vous voyez la Lune plus grande que Mars, Jupiter ou Saturne, parce que les angles visuels qui mesurent les diametres de son disque apparent, sont beaucoup plus ouverts que ceux sous lesquels vous appercevez les autres planetes.

Mais ces angles deviennent plus aigus à mesure que l'objet s'éloigne de l'œil, comme on le peut voir par *FEI*, *fig.* 10 ; et, par cette raison sa grandeur apparente, généralement parlant,

XV. LEÇON.

et eu égard à ces seuls effets optiques, diminue, comme la distance augmente; c'est-à-dire, que son image dans l'œil est une fois plus petite, en tout sens, quand on le regarde d'une fois plus loin.

Lorsque cette image est diminuée au-delà d'un certain point, ou nous perdons de vue l'objet entiérement, ou nous ne le voyons plus que confusément; parce qu'alors ses différentes parties ne se peignent plus sur des endroits de l'organe assez séparés les uns des autres. On prétend que la vue humaine cesse d'être distincte, lorsque les angles optiques commencent à avoir moins qu'une minute de degrés (*a*).

Si cette évaluation est juste, on peut croire que les animaux de différentes especes, qui ont les yeux, ou plus grands, ou plus petits que les nôtres, perdent les objets de vue, les uns plus tôt, les autres plus tard que nous; car

(*a*) Selon le Docteur Hook, un objet dans le ciel, devient invisible à un observateur, lorsqu'il comprend, dans son œil, un angle moindre qu'une demi-minute. *Remarques sur la machine céleste d'Hevelius, p.* 8. Pour des objets moins lumineux, il faut que l'angle soit plus grand.

l'amplitude de l'image, qui, considérée dans le même œil, ne dépend que de la grandeur des angles optiques, doit varier du plus petit au plus grand œil, comme la distance qu'il y aura entre l'endroit où se croisent les rayons, et celui où ils aboutissent pour peindre l'objet; ainsi l'image qui n'auroit que la grandeur qu'il faut pour un œil tel que *DD*, seroit trop petite, quoique sous le même angle, pour un autre œil, dont le fond seroit *GG*, et plus que suffisante pour celui dans lequel elle pourroit aller jusqu'en *FF*, à moins que la nature, obligée de proportionner les yeux à la petitesse de certains animaux, n'ait suppléé au défaut d'étendue, par la délicatesse des fibres destinées à recevoir les impressions de la lumiere, comme il semble qu'on le doive présumer, quand on considere qu'un perdreau n'échappe point au coup d'œil d'un oiseau de proie qui plane dans l'air, à cent pieds au-dessus de lui.

Puisque l'éloignement seul de l'objet suffit pour nous le faire voir sous des angles plus aigus, il est aisé de

XV. Leçon.

comprendre pourquoi nous avons égard à la distance, pour juger de sa grandeur. Nous appercevons, dans la campagne, un animal que nous sommes tentés de prendre pour un mouton, ou pour quelque chose de plus petit encore, à cause du peu de volume que nous trouvons à cet objet; mais parce que nous appercevons en même-temps un quart de lieue de distance entre nous et lui, il nous vient en pensée que ce peut être un cheval ou une vache; et si cette distance nous étoit cachée ou inconnue, les grandeurs apparentes ne suffiroient pas pour nous instruire des grandeurs réelles, sur-tout s'il s'agissoit d'objets nouveaux, ou que nous n'eussions jamais vus de près: c'est ce qui arrive fréquemment aux personnes qui voyagent par hasard, ou pour la premiere fois, dans les montagnes, et qui portent la vue de l'une sur l'autre, sans savoir, ou sans faire attention qu'elles sont séparées par une large vallée: c'est ce qui induit aussi en erreur ceux qui apperçoivent inopinément quelqu'objet isolé, il leur faut du temps et des réflexions pour le reconnoître; cela vient

de ce que l'on sait, au moins implicitement, et par habitude, que la grandeur apparente diminue à mesure que l'œil s'éloigne de l'objet, et que, par conséquent, on ne peut dire combien cet objet est grand en lui-même, à moins qu'on ne sache à peu près de quelle quantité il est éloigné. XV. Leçon.

Comme le degré de distance, quand nous le connoissons, nous aide à bien juger de la grandeur d'un objet que nous ne connoissons pas; réciproquement l'objet connu et familier nous apprend, par la grandeur apparente, la distance qui est entre lui et nous; jamais cependant avec précision, mais presque toujours avec un à peu près qui suffit. Un homme, un cheval, un arbre, une maison, etc., que j'apperçois sous une grandeur bien au-dessous de celle que je lui connois, me fait juger, sans erreur considérable, que j'en suis à un certain éloignement. Il n'en est pas de même, si ce que je vois ainsi de loin est d'un volume auquel je ne m'attends pas: si l'on transporte, par exemple, dans les Pyrénées ou dans les Alpes, un Parisien qui n'ait jamais vu que Mont-

XV. LEÇON.

martre, ou le Mont-Valérien (*a*), il ne manquera pas d'estimer à deux ou trois lieues de lui une montagne qui en sera éloignée de plus de douze, parce que n'ayant aucune idée de ces masses énormes, il ne peut pas savoir combien leur grandeur apparente diffère de leur grandeur réelle, pour en conclure leur distance. En pareil cas, ce n'est qu'en considérant les objets intermédiaires, et les dégradations de lumiere qui suivent toujours les grands éloignements, qu'on parvient à se persuader de la grande distance.

Lors même que l'objet éloigné nous est connu, tout ce qui se trouve placé entre lui et nous ne contribue pas peu à nous faire connoître son degré d'éloignement : l'œil parcourt tous ces objets intermédiaires, et additionnant, pour ainsi dire, leurs distances respectives, il en fait une somme totale : quand cela ne se peut pas faire, ou que, par précipitation cela ne se fait pas, on estime ordinairement la distance au-dessous de ce qu'elle est ; c'est pourquoi les gens qui n'ont

(*a*) Deux petites montagnes des environs de Paris.

point contracté l'habitude de voir en mer, croient appercevoir, à deux ou trois lieues d'eux, une île qui en est à plus de 10 ; car l'espace qui les sépare de cette île, étant une plage uniforme, l'œil n'y rencontre rien dont il puisse se servir pour le diviser, il ne peut en distinguer les parties pour les compter. Il en est à peu près de même de ce que l'on voit au bout d'une grande prairie, ou d'une plaine qui n'est interrompue, ni par des arbres, ni par des maisons, ni par aucun autre objet remarquable ; et, s'il est vrai qu'on frappe moins sûrement qu'ailleurs les oiseaux qu'on tire sur un étang, ce n'est pas, comme on le dit communément, que le plomb y conserve sensiblement moins sa vîtesse qu'en plein champ (car j'en ai fait l'épreuve exprès), mais c'est plutôt, parce que, n'estimant pas bien la distance, on tire de trop loin sans le savoir, et souvent sur des animaux dont la plume et la peau sont plus difficiles à percer que celle d'une perdrix ou d'une caille.

C'est encore par les angles visuels que nous jugeons de l'éloignement

XV. LEÇON.

respectif de deux objets apperçus en même temps, ils sont, à l'égard de l'œil, comme les deux points extrêmes d'un seul et même corps ; en un mot, comme les points radieux *a* et *b* de nos dernieres expériences, par rapport au trou de la platine.

Voilà donc pourquoi, lorsque nous entrons dans une avenue un peu longue, elle nous semble plus étroite et plus basse à l'autre extrémité, quoique les arbres dont elle est formée, soient par-tout également hauts, et que les rangs soient bien paralleles entr'eux ; car on peut voir, par la *fig.* 11, que les rayons qui viennent à l'œil des arbres les plus éloignés, pris deux à deux, forment des angles plus aigus que ceux qui arrivent de plus près : et il en est de même de ceux qui viennent du pied de chacun de ces arbres et du sommet.

On peut dire la même chose en général de tous les objets qui sont fort longs et terminés par des lignes, ou par des plans paralleles : une grande prairie, renfermée entre deux canaux, une piece d'eau fort étendue, nous paroîtront toujours plus étroites à

l'endroit le plus éloigné de nos yeux, quoique l'une et l'autre soient exactement formés en quarrés longs. Quand nous entrons dans une galerie, elle nous semble plus basse à l'autre bout, parce que l'angle visuel qui embrasse la distance du plancher au plafond, devient nécessairement plus petit, quand cette dimension ou cet intervalle est pris dans un endroit plus éloigné de l'œil.

Lorsque ces sortes d'objets ne présentent au spectateur qu'un plan, ou une ligne telle que seroit une muraille ou une file de soldats, l'œil qui se place à un bout, et un peu de côté, de maniere à tout découvrir, comme dans la *fig.* 12, supplée au rang ou au côté parallele qui manque, par la direction de son regard, il rapporte à la ligne *P*, *Q*, qui est comme l'axe prolongé du globe de l'œil, les différents points de l'objet 1, 2, 3, 4, etc., et ces points paroissent se rapprocher de cette ligne, suivant la diminution de l'angle que fait avec elle le rayon qui vient de chacun de ces points visibles : de-là il arrive qu'ils semblent former par leur suite une ligne incli-

XV. LEÇON.

née à P, Q, selon l'ordre des chiffres 1, 2, 3, 4, etc.

C'est par cette raison, qu'étant placé à la tête d'un canal ou d'un étang, au lieu de voir la surface de l'eau horizontale, comme elle l'est en effet, on s'imagine toujours qu'elle s'éleve à mesure qu'elle s'éloigne davantage. C'est encore pour cela, que quand nous côtoyons un mur en marchant, quelque droit et parallele qu'il soit à notre route, nous le voyons toujours comme incliné vers elle : et si, couchés sur le dos, à quelques pieds de distance d'une tour ou d'une muraille un peu élevée, nous la considérons du bas en haut, elle nous paroît penchée, du côté où nous sommes, d'une maniere à effrayer quiconque ignoreroit qu'elle est véritablement d'à-plomb.

Un objet qu'on regarde de loin, s'apperçoit rarement sous sa vraie figure ; car la figure d'un corps, c'est l'ordre que ses parties gardent entre elles, et cet arrangement, cette position respective des points visibles, change dans la représentation ou apparence de l'objet, suivant la maniere

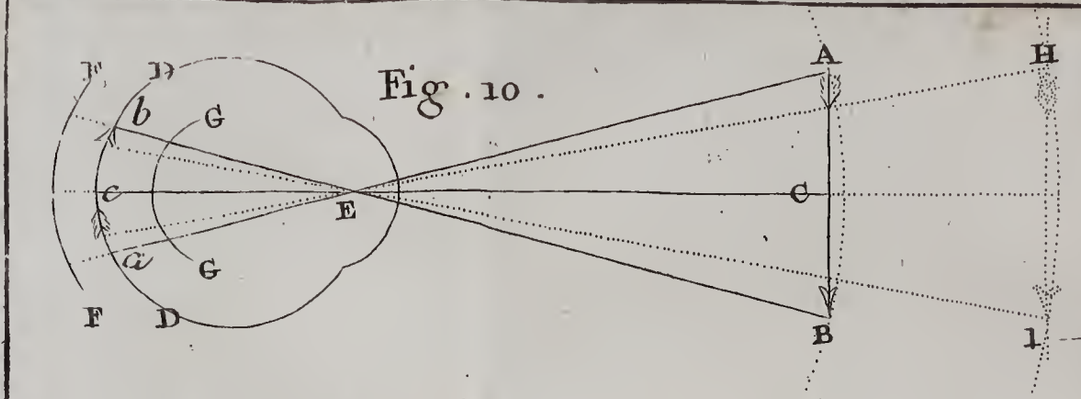


Fig. 10.

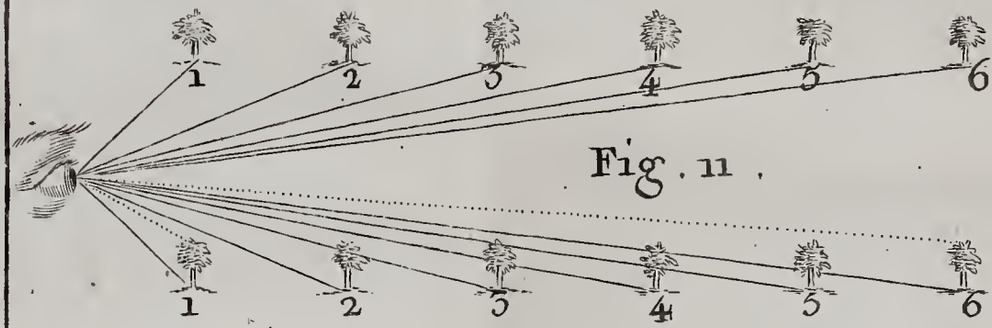


Fig. 11.

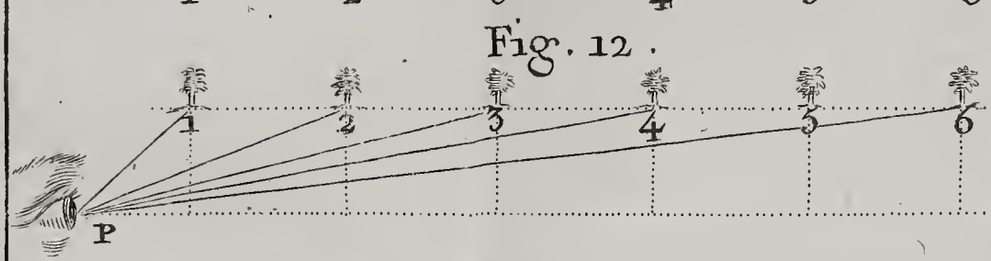
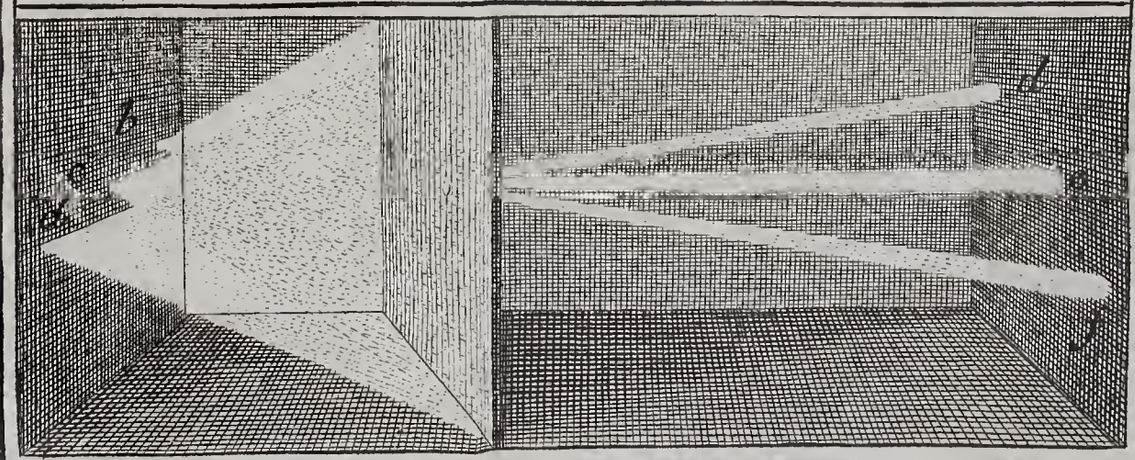


Fig. 12.

Fig. 9.



Gobin. Sc.

ont ses dimensions se présentent à l'angle visuel. Si l'on apperçoit à une lieue de distance, par exemple, et de quelqu'endroit un peu élevé, un rang d'arbres plantés, comme *RR*, *fig.* 13, on les voit tous alignés dans la même direction, et à peu près également espacés entr'eux, comme ils le sont en effet; parce que tous les angles visuels qui les comprennent deux à deux, different peu les uns des autres: ce qui fait que l'image de ce rang d'arbres, tracée au fond de l'œil, est assez conforme à son objet.

XV. LEÇON.

Mais si ces mêmes arbres bordoient une demi-lune, comme *S*, *T*, *V*, *fig.* 14, on les verroit toujours rangés dans la ligne droite *SV*, plus serrés seulement aux extrémités que vers le milieu; car à un tel degré d'éloignement, les pyramides de lumiere qui nous viennent des différents points de l'objet ne different point assez par la divergence de leurs rayons, pour nous faire sentir que les arbres du milieu sont plus près de nous que ceux des extrémités, et les angles visuels qui nous rapportent ce qui est vers *S* et vers *V*, étant plus petits que les

XV. LEÇON.

autres, il suit que deux de ces arbres pris aux extrémités, nous doivent paroître plus près l'un de l'autre, que deux de ces mêmes arbres qui seroient pris vers *T*. Le Soleil et la Lune, qui sont de vrais globes, n'offrent à nos yeux que des plans circulaires et lumineux, comme s'ils étoient de simples disques, parce que toutes les lignes qui forment leurs surfaces convexes se présentent à nous comme le rang d'arbres *STV*, dont je viens de parler, c'est-à-dire, comme des lignes droites.

Quant aux objets qui sont composés de lignes droites, ou de surfaces planes, s'ils sont fort grands, leur figure apparente nous trompe, par cela seul que leurs différentes parties se voient à des distances plus grandes les unes que les autres : ce qui ne manque pas de nous représenter leurs dimensions sous des rapports différents de ceux qu'elles ont réellement : ainsi, une piece d'eau bien quarrée ne se voit pas sous cette forme ; elle paroît plus étroite à son extrémité la plus éloignée de l'œil : mais, indépendamment de cette cause, il arrive souvent, et

presque toujours, que certaines dimensions de l'objet se représentent obliquement aux angles visuels, tandis que d'autres reçoivent plus directement nos regards ; et cela occasionne encore des apparences qui s'écartent de la réalité. Si, par exemple, de la terrasse d'un jardin je regarde dans la campagne une piece de bled vert, dont la largeur s'offre à mes yeux, comme *A B, fig.* 15, et la longueur, comme la ligne *AG*, je la verrai sous une figure plus courte que celle qu'elle a réellement ; parce que, dans l'image optique de cet objet, la longueur, au lieu de rester égale à la largeur, est comprise sous un angle plus petit, et se réduit comme *A a*.

Il est aisé de comprendre maintenant que les différents aspects peuvent non seulement changer en apparence les grandeurs de certains côtés, en laissant subsister les autres, à cela près des changements causés par les distances, mais même les effacer entiérement ; de maniere qu'un solide se voie comme un plan, un plan comme une ligne, une ligne comme un point. Ainsi, l'on peut prendre de loin un bloc

XV. LEÇON.

de marbre blanc, pour une serviette étendue, s'il est placé devant l'œil de maniere à ne lui laisser voir qu'une de ses faces : on ne voit plus la girouette, mais seulement sa tige, lorsqu'elle se trouve précisément dans le plan de l'angle visuel qui mesure la hauteur; enfin nous ne voyons qu'une tache noire terminée par un cercle de bronze, quand nous regardons directement l'embouchure d'un canon.

Ceux qui s'appliquent à dessiner la perspective, ne sauroient trop méditer sur la variation des angles optiques, causée, ou par la distance des objets, ou par les différents aspects sous lesquels ils se montrent à l'œil; car comme tout leur art consiste à bien représenter les effets de la vision, qui dépendent principalement des angles dont il s'agit, ils ne peuvent travailler avec succès, s'ils ne savent ou par principes, ou au moins par routine, ce que je viens d'enseigner à ce sujet; et ce n'est point encore assez pour eux, le tableau qui porte les images ayant, pour l'ordinaire, une situation tout-à-fait différente du plan horizontal, dans lequel la plupart

part des objets sont vus, lorsqu'on les dessine, il faut non seulement que le peintre ou le dessinateur ait égard à la valeur des angles, relative au point de vue, pour savoir à quoi se réduisent telles ou telles dimensions, telles ou telles distances, mais qu'il considere encore la coupe de ces mêmes angles par un plan qui prendroit la place et la situation que doit avoir le tableau, pour connoître au juste les espaces dans lesquels il doit renfermer les différentes parties de l'objet ou du terrein qu'il veut représenter. Si, par exemple, il s'agit d'un rang d'arbres apperçus dans la ligne *EF*, *fig.* 16, il ne suffit pas de savoir que cette ligne est comprise sous l'angle *EGF*; l'artiste doit faire attention, que vue sous le même angle, dans un plan vertical, tel que sera son dessin ou son tableau, elle sera réduite dans l'espace *ef*, et que ses parties les plus éloignées de l'œil, décroîtront dans la même proportion, ce qui exige que le premier arbre soit dessiné plus grand que le second, et le troisieme plus petit encore que celui-ci.

XV. LEÇON.

On voit par-là, que les objets fort écartés l'un de l'autre, sur un plan horizontal, se rapprochent beaucoup, lorsqu'on les dessine en perspective sur un plan vertical. Réciproquement, si l'œil ne changeoit pas de place, et que le tableau fût couché dans une situation horizontale, comme *E F*, l'objet peint au naturel dans l'espace *ef*, ne pourroit plus se distinguer, à moins que le peintre, en recommençant le dessin, n'en étendît les parties dans la même proportion que le sont celles de la ligne *E F*: alors l'œil placé en *G*, verroit distinctement l'objet, et dans ses justes proportions; mais de par-tout ailleurs, on ne le verroit que confusément et défiguré : on voit tous les jours de ces illusions d'optique préparées à dessein dans les cabinets des curieux.

Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent de la situation, de la grandeur et de la figure apparente des objets, doit s'entendre aussi de leurs mouvements visibles. Un corps que nous voyons se mouvoir, c'est un objet dont l'image change de place dans l'œil, à mesure qu'il passe lui-même d'un lieu

dans un autre : on doit concevoir que tous les rayons qui tracent cette image mobile, sont autant de lignes droites qui se croisent dans la partie antérieure de l'œil, comme je l'ai expliqué plus haut, et qui de plus tournent d'un mouvement commun autour du point même de leur croisement ; de sorte qu'en s'avançant vers le fond de l'œil, elles portent leurs impressions de gauche à droite, quand l'objet extérieur qu'elles représentent, passe de droite à gauche.

XV. LEÇON.

Les mouvements, ainsi que les parties de l'objet visible, se peignent donc au fond de l'organe dans un ordre renversé. L'expérience de l'œil de veau, dont j'ai fait mention ci-dessus, prouve également l'un et l'autre. Si l'on a bien conçu comment des rayons qui se croisent avant de toucher le fond de l'œil, nous font voir l'objet dans sa situation naturelle, on n'aura pas de peine à comprendre pourquoi nous voyons aller de droite à gauche un corps, dont le mouvement progressif se trace de gauche à droite sur l'organe; car en rapportant toujours chaque point de l'objet apperçu au bout du rayon qui

XV. LEÇON.

nous le fait sentir, tandis que ce rayon tourne comme l'aiguille d'une pendule sur un des points de sa longueur, pour suivre l'objet dans toutes ses apparitions successives, c'est une nécessité que le bout qui touche le fond de l'œil aille en sens contraire de l'autre, et que nous jugions le mouvement qui s'exécute au-dehors dans une direction toute opposée à celle qui suit sa représentation.

Quant à la vîtesse du mouvement, nous la mesurons par le temps qui s'écoule, et par l'espace que nous voyons parcourir à l'objet ; mais cet espace ne paroît pas toujours tel qu'il est. Nous en jugeons naturellement comme de la grandeur, par l'ouverture des angles visuels qui le comprennent en totalité, ou par parties ; et cette évaluation, pour être juste, dépend principalement de deux conditions : la premiere, que nous connoissions la distance qu'il y a entre nous et le corps dont notre œil suit le mouvement ; car, en regardant un homme qui marche dans la campagne, si nous le voyons dans la ligne *IK*, *fig.* 17, lorsqu'il est plus loin dans la route *LM*,

par exemple, nous trouverons sa marche plus lente qu'elle n'est en effet ; puisque, dans un temps donné, il nous paroîtra parcourir l'espace *I K*, plus petit que *L M* qu'il parcourt réellement.

La seconde condition est, que l'espace parcouru par l'objet ne se présente point obliquement à nos regards, comme *I M* ; car, en pareil cas, nous estimerions encore cet espace au-dessous de sa juste valeur : nous serions fortement tentés de croire, qu'un homme qui seroit allé par la route *I M*, n'auroit fait que le chemin *I K*, qui est bien plus court ; et nous ne pourrions éviter cette erreur, qu'en ayant égard à certaines circonstances qui ne se rencontrent pas toujours, ou qui ne sont point assez remarquables, quand les mouvements qu'on examine se passent au loin.

Par la même raison, deux hommes qui marchent à pas égaux, l'un par la route *L C M*, l'autre par *I H K*, paroîtront aller avec des vîtesses inégales ; le dernier aura l'air de précipiter sa marche davantage, ou d'alonger le pas plus que le premier : il pourroit

XV. Leçon.

même arriver, et cela se conçoit aisément, que celui qui paroît faire le plus de diligence, allât réellement avec moins de vîtesse que l'autre.

Le mouvement devient insensible à la vue, lorsque les espaces parcourus dans chaque seconde de temps répondent à des angles visuels, qui n'excedent pas 20 secondes de degré; l'œil le plus fin et le plus attentif ne voit pas même se mouvoir l'aiguille qui marque les heures au cadran d'une pendule, quoiqu'elle chemine plus vîte que dans cette proportion : sur quoi il est bon de remarquer que la plus grande vîtesse peut devenir insensible par la distance excessive qui se trouveroit entre le mobile et l'œil; car, par exemple, si les rayons PL, PN, étoient tellement longs, qu'un espace de 200 toises pris sur la ligne LM, ne répondît qu'à un angle de 18 ou 20 secondes de degrés, un corps qui seroit dans cet éloignement par rapport à l'œil, et qui auroit toute la vîtesse d'un boulet de canon, y paroîtroit comme immobile; et voilà pourquoi nous n'appercevons pas, d'une seconde à l'autre, le mouvement

du soleil, ni même celui de la lune, quoiqu'ils soient tous deux beaucoup plus rapides que celui d'un boulet chassé par l'effet de la poudre.

Quand je cite la révolution diurne du soleil, ou celle de la lune, je n'entends parler que des traces qui pourroient s'en former dans l'œil du spectateur ; elles seroient les mêmes, soit que l'astre se mût en effet, ou seulement en apparence ; car, en général, que l'œil tourne devant l'objet fixe, ou que l'objet mobile lui-même passe d'un côté à l'autre devant l'œil, l'image change également de place au fond de cet organe, et ses mouvements reçoivent les mêmes modifications : c'est pour cela, qu'étant sur l'eau, si l'on ne fait point attention au déplacement continuel du bateau dans lequel on est, on attribue au rivage et aux objets les plus fixes tous les mouvements apparents qui résultent des différentes positions par lesquelles les yeux passent.

Si le mobile suit toujours la même direction, il décrit une ligne droite, et nous l'y pouvons suivre de la vue,

XV. LEÇON.

pourvu que les points de cette ligne, sur lesquels se font les apparitions successives, puissent être rapportés distinctement par les angles optiques; ou, ce qui est la même chose, pourvu que des différents points pris sur cette ligne, il puisse venir à l'œil du spectateur, des rayons qui forment des angles suffisamment ouverts; car si ces angles sont nuls, ou par trop aigus, comme il arrive quand l'objet vient droit à nous, ou s'en éloigne de même dans le lointain, alors le mouvement est insensible; ce que nous voyons ainsi semble nous rester en place, et ce n'est qu'après un certain temps qu'il nous paroît s'être approché, parce que nous le voyons plus grand, plus éclairé, plus distinct qu'auparavant.

Le corps qui, en s'avançant, change souvent et insensiblement de direction, décrit une ligne courbe, que nous distinguons fort bien, quand nous pouvons voir le plan qu'elle termine; mais la courbure, soit qu'elle se présente par sa convexité, comme *QRS*, ou par sa concavité, comme *TVX*, *fig.* 18, ne s'apperçoit

point, si l'axe de la vision VV se trouve dans le même plan : ainsi, lorsque vous voyez de loin tourner un lustre, auquel on n'a laissé qu'une bougie allumée, vous vous imaginez que cette lumiere (qui décrit pourtant une circonférence de cercle $RTVX$), ne fait que se mouvoir alternativement de droite à gauche, et de gauche à droite dans le diametre TX ; et par la même raison, quand vous regardez de côté un moulin à vent à une certaine distance, vous ne voyez qu'un mouvement de bas en haut, ou de haut en bas, qui ne vous rappelle nullement les révolutions circulaires de ses aîles.

En parlant de la grandeur apparente des objets, j'ai toujours supposé que nous en jugions par les angles visuels, eu égard au degré d'éloignement ; et c'est-là, à mon avis, la premiere intention de la nature ; puisque, par le moyen de ces angles, l'image de l'objet, l'impression qu'il fait sur l'organe, se met en proportion de grandeur avec lui, et se modifie selon la distance et selon la maniere dont cet objet se présente : dire comme un au-

XV. LEÇON.

teur célebre de notre temps, *que ces effets sont les circonstances qui accompagnent la vision, plutôt que des principes qui lui servent de regles*, c'est oublier, ce me semble, une vérité dont tout le monde convient, savoir : que dans l'exercice de tous nos sens, l'amplitude, aussi bien que la force des impressions qui se font sur nos organes, nous guident pour juger de la grandeur et du plus ou moins de proximité des objets qui les font naître. Il est vrai, par rapport à la vue sur-tout, que nous dérogeons souvent à la loi générale, et que, dans bien des cas, ce que nous voyons nous donne l'idée d'une grandeur qui n'est point proportionnée à l'image qui s'en trace au fond de nos yeux ; mais cela vient de quelques causes particulieres dont il est à propos de dire un mot.

Je regarde un homme qui est à 100 pas de moi : suivant la regle des angles visuels, il devroit me paroître environ une fois plus petit que je ne le verrois à 50 pas ; car son image, dans le fond de mon œil, diminue dans cette proportion ; cependant il me semble, dans l'un et dans l'autre cas, à peu

près de la même grandeur : c'est qu'étant fortement prévenu qu'un homme fait n'a pas communément moins de 5 pieds de haut, et appercevant dans son extérieur tout ce qui donne l'air d'un adulte, je cede, sans y prendre garde, à des connoissances intimes et familieres qui l'emportent sur les limites de la sensation, et maîtrisent mon jugement. Vous regardez de loin un arbre qui est auprès d'une maison, et vous estimez sa hauteur 25 ou 30 pieds, parce qu'il vous paroît aussi haut que cette maison, et que vous savez d'ailleurs qu'un tel édifice n'est guere moins élevé que de 4 à 5 toises : si l'arbre étoit isolé en rase campagne, vous le prendriez pour un buisson. Une personne qui, pour la premiere fois, porte la vue en pleine mer, prend volontiers pour une barque de pêcheur ce qu'un officier de marine reconnoît d'abord pour être un bâtiment considérable ; celui-ci en juge, non seulement par la grandeur apparente, mais encore par certaines parties qu'il sait distinguer mieux qu'un autre, par l'affoiblissement de la lumiere et des couleurs ; ce qui, joint à

XV. Leçon.

XV. LEÇON.

l'habitude de voir pareils objets de plus près, lui fait sentir avec assez de justesse le degré d'éloignement de celui-là, et par conséquent la grandeur qu'on doit conclure de l'angle sous lequel on l'apperçoit.

Mais, dira-t-on, si la vision nécessaire, celle qui nous conduit à connoître les objets pour ce qu'ils sont, dépend de ces comparaisons raisonnées et de ces connoissanees réfléchies, comment se fait-il qu'un paysan voie comme un homme bien instruit? et, pourquoi les animaux de toute autre espece que la nôtre, sans réfléchir et sans raisonner, distinguent-ils comme nous ce qu'il leur importe de bien voir? car il faut bien que cela soit; autrement est-il vraisemblable qu'un lievre prît la fuite avec tant de frayeur et de précipitation devant le chasseur qu'il apperçoit à cent pas de lui; si celui-ci, selon les rapports des angles optiques, lui paroissoit comme un pigmée de quelques pouces de hauteur?

Pour répondre à ces objections, il faudroit pouvoir faire sentir à quiconque l'ignore, quelle est la force de

l'habitude : quoique dans la vision des objets, les impressions qui se font sur l'organe soient réellement suivies des pensées, des jugements, des raisonnements de l'ame. Accoutumés dès notre plus tendre enfance, et continuellement exercés à juger sur de pareils rapports, nous parvenons de bonne heure à le faire avec une si grande facilité, que l'instant de la délibération devenu insensible dans les cas ordinaires, n'existe plus, pour ainsi dire, que virtuellement : mais il n'en a pas toujours été de même; c'est l'habitude de voir insensiblement acquise qui nous a conduits à voir si promptement, et cette habitude vient à l'homme le plus stupide, au moins sur un certain nombre d'objets.

Si l'on veut se convaincre de cette vérité, il n'y a qu'à réfléchir un peu sur ce qui se passe, lorsqu'on apprend à voir quelque objet particulier : en considérant, par exemple, avec quelle aisance un musicien chante, à livre ouvert, ce qu'il n'a jamais ni vu, ni entendu; ne croiroit-on pas qu'il ne délibere aucunement sur la valeur des notes, et qu'il ne se passe absolument

XV. LEÇON.

rien entre le coup-d'œil et la prononciation ? Il y a pourtant entre l'une et l'autre une action de l'ame, un jugement fondé sur la figure et la position bien distinguée de chaque signe ; délibération, à la vérité, si prompte, qu'elle ne se laisse pas appercevoir à la personne même qui délibere, mais qui n'est devenue telle, qu'après avoir été long-temps lente et fastidieusement sensible.

Ce que je dis d'un livre de musique, on peut l'appliquer à tout autre objet. L'Officier de marine qui juge dans l'instant et assez bien de la grandeur d'un bâtiment qui est à cinq ou six lieues en mer, n'a pas toujours eu le coup-d'œil, ni aussi prompt, ni aussi sûr ; et celui qui s'y trompe aujourd'hui, après avoir long-temps mal vu, ne s'en rapportant qu'aux angles visuels, ou s'y fiant trop, deviendra plus habile à force de réflexions, et en acquérant des connoissances qui influeront, sans qu'il y pense, dans l'estimation qu'il fera de pareils objets.

Quant à l'autre difficulté, je conviens qu'à juger des animaux par ce que nous leur voyons faire, on diroit

qu'ils voient à notre maniere, qu'ils savent quelquefois embrasser un parti différent de celui qu'ils devroient prendre, en conséquence de la grandeur, de la figure ou de la situation dont les objets se peignent dans leurs yeux; mais j'ignore s'il n'y a pas en eux quelque intelligence ou faculté mémorative capable d'ajouter ou de retrancher à ces impressions, pour accommoder à certaines fins les actions qui en doivent résulter : c'est une grande question dans laquelle je ne veux pas entrer, comme je l'ai déjà déclaré en parlant des sens en général.

Un jeune Anglois de 13 ans vit clair pour la premiere fois de sa vie, par le secours et par les soins de M. Cheselden, habile chirurgien de Londres, qui lui abattit des cataractes : et M. Smith, dans son Traité d'Optique, raconte que ce nouveau clairvoyant ne pouvoit juger d'abord, ni de la grandeur, ni de la figure des objets, et qu'il n'y parvint qu'au bout d'un certain temps : cela prouve-t-il, comme on l'a prétendu, que les angles optiques ne servent à rien dans la

XV. LEÇON.

vision ? J'ai peine à le croire. Tout ce qu'on en peut inférer, selon moi, c'est que ces angles ne déterminent point la grandeur de l'objet pour quiconque ignore à quelle distance il est de l'œil, comme je l'ai établi ci-dessus. Or cette derniere notion ne nous vient que par expérience et par habitude ; par conséquent il faut du temps pour l'acquérir : le jeune homme qu'on nous cite auroit peut-être vu comme un autre dès le premier moment ; il auroit su comparer plusieurs grandeurs entr'elles, s'il avoit eu l'idée des distances et de leurs différences.

Si les angles optiques ne font rien à la vision, s'ils n'en sont que les circonstances très-indifférentes, comme on l'a voulu établir, qu'on m'apprenne donc pourquoi, lorsqu'ils sont aggrandis artificiellement par le moyen de quelque verre, ou autrement, je ne manque point de voir l'objet plus grand ? Quand je montre pour la premiere fois à un enfant une puce au microscope, et qu'il la trouve aussi grosse qu'un hanneton, peut-on dire que cette idée lui vienne du préjugé de l'habitude, du degré de clarté, de

la comparaison qu'il en fait avec les objets circonvoisins, etc. ? N'est-il pas incontestable que cet enfant voit ainsi, parce que l'image de l'objet est amplifiée au fond de l'œil, ou, ce qui est la même chose, parce qu'il apperçoit cet objet sous un plus grand angle ? Tenons-nous en donc à ce qu'on a toujours dit, que les idées de grandeur, de situation, de figures excitées en nous par l'image des objets, tiennent, avant toutes choses, aux angles visuels, et à la position respective des rayons qui les forment ; et que s'il est des occasions où le préjugé, les connoissances précédemment acquises, le degré de clarté, etc., entrent en considération ; modifient ces idées, et nous empêchent de voir les objets tels qu'ils nous sont représentés par ces angles, ce sont autant d'exceptions qu'on ne doit pas mettre à la place de la regle générale.

Comme les objets se présentent ordinairement à nos yeux avec d'autant plus de clarté, qu'ils sont plus près de nous, l'habitude de les voir ainsi nous porte à croire que ces mêmes objets sont fort éloignés, quand ils sont plus sombres, moins lumineux que de cou-

XV. LEÇON.

tume. Un auteur Anglois *, qui a très-bien écrit sur l'Optique, prétend, avec beaucoup de vraisemblance, que c'est par cette raison que nous voyons le soleil et la pleine-lune plus grands à l'horizon qu'en tout autre endroit du ciel, quoiqu'on sache bien que ces astres sont alors plus éloignés de nous qu'ils ne le sont au zénith : car, dit-il, comme leur lumiere est alors beaucoup affoiblie, nous imaginons, par habitude, que cela vient d'un plus grand éloignement, et nous jugeons de même qu'ils sont rapprochés, lorsqu'en s'élevant davantage au-dessus de l'horizon, ils deviennent plus brillants. Or, quoique l'angle visuel *aCb*, *fig.* 19, soit toujours le même, l'objet qu'il embrasse, doit paroître plus grand si nous le croyons plus loin : j'estime donc, par cette raison, le diametre de la lune plus grand lorsqu'elle est en *A*, que quand elle est élevée en *B*, parce que, dans ce dernier cas, je la crois plus près de moi : et si je veux suivre l'astre dans sa demi-révolution, il ne me paroîtra pas avoir décrit un demi-cercle dont j'occupe le centre, mais un arc semblable à *DZE*, à cause de ces décroissements apparents.

* *M. Smith.*

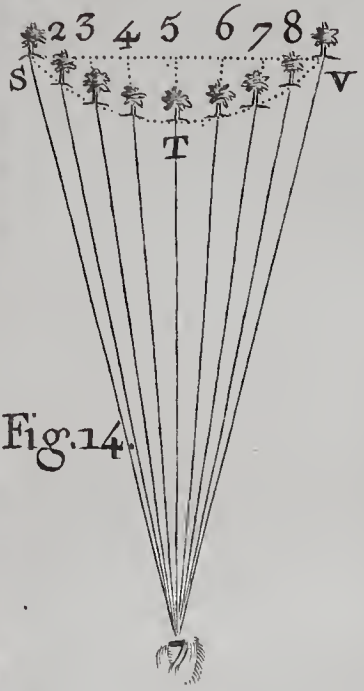


Fig. 14.

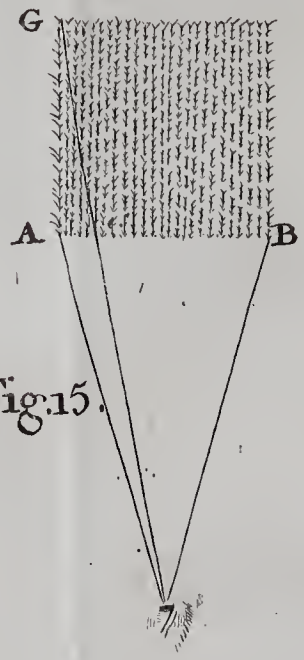


Fig. 15.

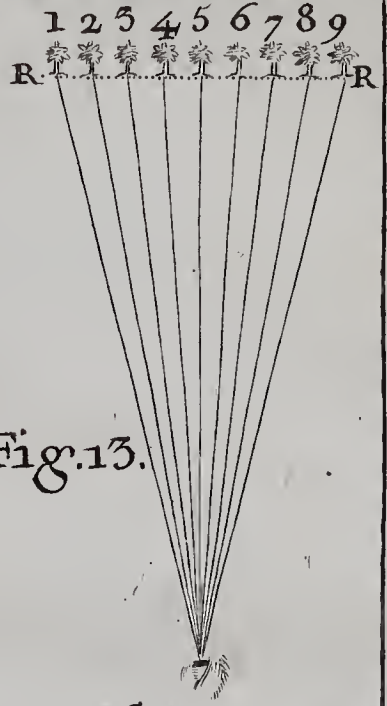


Fig. 13.

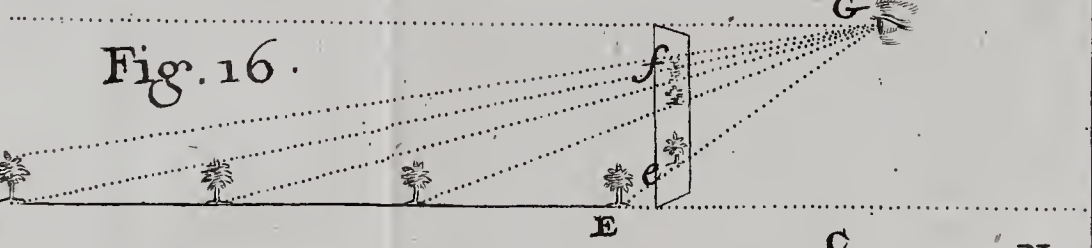


Fig. 16.

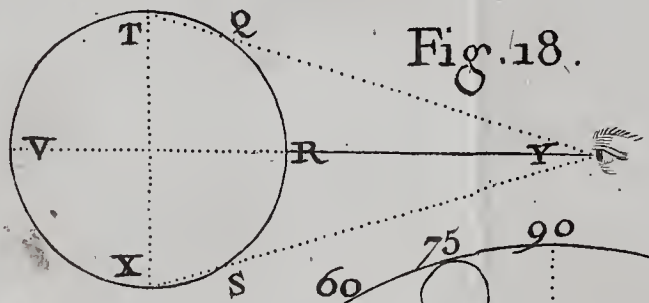


Fig. 18.

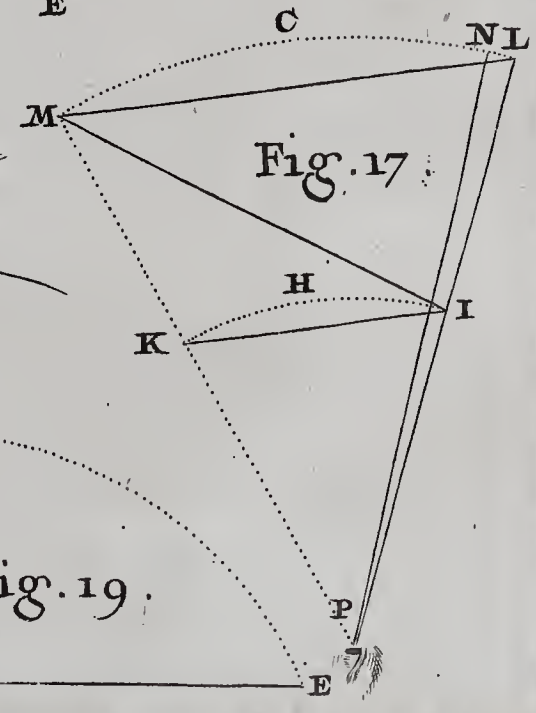


Fig. 17.

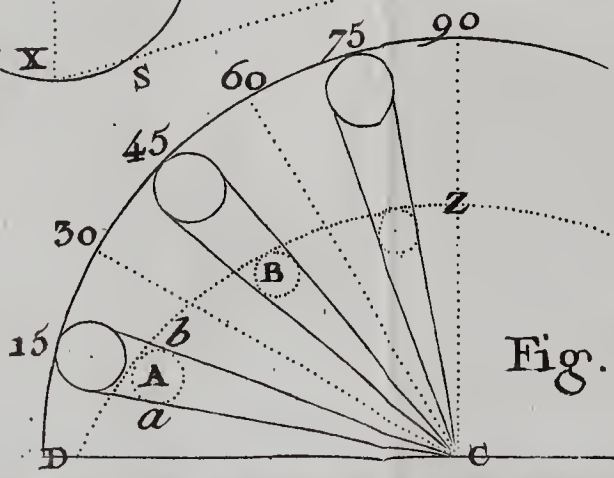


Fig. 19.

Gobin sc.

La même explication nous fait comprendre pourquoi le ciel a la figure d'une voûte surbaissée ; parce qu'il est plus éclairé vers le zénith que vers l'horizon, ses parties les plus sombres, nous semblent plus éloignées par proportion ; et de-là il doit arriver que la courbure hémisphérique se change en une autre courbe apparente DZE, qui est de beaucoup surbaissée.

Quoique j'adopte très-volontiers ces raisons, parce qu'elles me paroissent naturelles et propres à résoudre ces questions, sur lesquelles les physiciens ont tant disputé, cependant je ne crois pas qu'on doive rejeter pour cela celle du P. Malebranche, qui attribue la grandeur apparente de la lune horizontale à l'interposition des objets terrestres : en effet, la distance des objets nous paroît toujours plus grande, quand il y en a beaucoup d'autres entr'eux et nous, quand ils sont les derniers de tous ceux que nous pouvons appercevoir ; et ce qui prouve que cela doit entrer en considération, c'est que la pleine-lune, ou le soleil levant étant vu par un tube, et par conséquent comme un corps isolé, perd beaucoup de cette grandeur

XV. LEÇON.

apparente, sur-tout quand on en fait l'épreuve avant que d'avoir apperçu l'astre à la vue simple : car, sans cela, le préjugé peut entretenir l'illusion.

Il faut pourtant convenir que la pleine-lune paroît quelquefois très-grande à son lever, quoique l'horizon soit très-borné, comme lorsqu'on l'apperçoit à travers les branches d'un gros arbre, immédiatement au-dessus de quelqu'édifice, derriere une montagne voisine, etc. Il est encore vrai, que quand on l'apperçoit ainsi inopinément, on est souvent frappé de sa grandeur, avant que de penser que ce peut être un astre : enfin, il y a des temps, où, sans changer d'horizon, ce phénomene nous paroît plus remarquable. L'explication de M. Smith, jointe à celle du P. Malebranche, ne me paroissent pas satisfaire à ces observations ; d'où je conclus que l'effet dont il s'agit, dépend, non pas d'une seule cause, mais de plusieurs ensemble, qu'il faut tâcher de réunir pour parvenir à une explication complette : pourquoi ne diroit-on pas avec Régis, qu'une partie de ces effets vient des réfractions de la lumiere, augmentées

par les vapeurs qui regnent en plus grande abondance dans la partie de l'atmosphere à travers laquelle nous appercevons l'astre, au temps de son lever; et ne pouvons-nous pas penser aussi, comme le P. Gouye, que l'aspect des autres corps accompagnant celui de la lune, nous la fait paroître plus grande que quand elle est isolée? C'est un effet que nous remarquons à l'égard des autres objets, sur-tout quand ils sont, ou lumineux, ou fort éclairés dans des lieux sombres.

XVI. LEÇON.

Sur la Lumiere.

SUITE DE LA II.e SECTION.

ARTICLE SECOND.

De la Lumiere réfléchie, ou des principes de la Catoptrique.

XVI. LEÇON. J'AI déjà dit au commencement de cette Section, que les rayons de la lumiere s'étendent en ligne droite tant qu'ils sont dans un milieu d'une densité uniforme ; et c'est la loi commune de tous les mouvements simples qui sont censés n'avoir qu'une seule détermination. Ces mêmes rayons, toujours soumis aux régles générales de la nature, sont sujets aussi à se détourner de leur premiere direction, lorsqu'il se trouve sur leur route un corps, qui leur

refusant le passage, les force à rebrousser chemin, ou une matiere plus ou moins pénétrable pour eux, que celle dans laquelle ils ont commencé à se mouvoir, qui leur donne occasion de s'incliner d'un côté ou d'un autre : la premiere de ces deux sortes de déviations est ce qu'on appelle *réflexion* de la lumiere ; la seconde se nomme *réfraction*.

C'est principalement à la rencontre des corps opaques, que la lumiere se réfléchit ; les plus durs, les plus compactes, ceux qui sont susceptibles du poli le plus parfait, et dont la couleur approche le plus du blanc, sont universellement reconnus pour être les plus propres à cet effet : je n'ai rien à dire sur cela que tout le monde ne sache bien. L'éclat de la neige, le brillant des métaux, sont des preuves aussi communes que palpables de cette vérité. Mais ce qui paroîtra sans doute bien étrange à plusieurs de mes lecteurs, c'est qu'on dispute aujourd'hui très-sérieusement en Physique pour savoir, si ce sont les parties propres de ces surfaces qui font rejaillir la lumiere. Depuis les recher-

XVI. LEÇON.

ches et les découvertes admirables que Newton a faites sur cette matiere, bien des gens, d'après lui, soutiennent la négative, et prétendent que les rayons sont renvoyés ou repoussés avant même que de toucher à la surface d'un corps, et cela par un certain *pouvoir* qu'on ne définit point, et qui enduit, pour ainsi dire, les surfaces, en s'ajustant à leurs figures.

L'obscurité de l'expression, et les conséquences singulieres qui se déduisent de cette nouvelle doctrine, la rendent suspecte aux personnes les plus raisonnables, et qui ont le moins d'envie de regretter avec partialité ce qui tient à la philosophie Newtonnienne. Quoi, dit-on, ce n'est point l'amalgame de mercure et d'étain appliqué derriere la glace de mon miroir qui me fait voir mon image ? mais sans cela cependant je ne vois rien : quelle place y a-t-il entre cet enduit métallique et le verre, pour y loger le prétendu *pouvoir réfléchissant ?* ou s'il lui en faut si peu, comment sait-on qu'il agit à une certaine distance des surfaces ? ce n'est donc pas non plus ce métal

préparé

préparé avec tant d'art, et polis avec tant de soin, qui opere par lui-même le merveilleux effet du télescope? et pourquoi ne faut-il plus rien voir quand il est seulement terni? que fait la netteté du métal à cette puissance qui ne tient point à lui, puisqu'elle agit hors de lui? Enfin, quand je regarde un objet quelconque, ce n'est donc pas lui que je vois, mais quelque chose d'étranger à lui; puisque les points visibles d'où procedent les rayons réfléchis ne sont point sa propre substance.

XVI. Leçon.

Il faut convenir qu'on peut faire sur cela bien des questions embarrassantes, et qu'il n'est guere possible de faire goûter ce pouvoir secret auquel on attribue les mouvements réfléchis de la lumiere, à quiconque se sera fait une loi de n'admettre en Physique aucune cause abstraite, et qui ne soit intelligiblement méchanique. Mais si ce mot obscur, par lequel on n'a voulu peut-être exprimer qu'un fait, et qui indispose tant de gens, parce qu'il a l'air d'introduire une qualité occulte; si ce mot, dis-je, étoit interprété dans un sens vraiment

XVI. LEÇON.

physique, ne fût-ce que par une conjecture plausible, il pourroit arriver qu'on revînt de la répugnance qu'il inspire, et qu'on se familiarisât peu à peu avec ces paradoxes auxquels il donne lieu, et qui semblent d'abord si ridicules. C'est dans cette vue que je vais dire ce que je pense avec quelques physiciens de ces derniers temps, touchant la cause immédiate des réflexions de la lumiere. Si je puis me faire entendre, j'ose me flatter que l'on concevra assez nettement comment il est possible que les rayons rejaillissent à la rencontre d'un corps opaque, sans toucher les parties propres de sa surface.

Qu'on se rappelle ici ce que j'ai dit dans la premiere Section * en parlant de la nature de la lumiere, et de sa maniere d'être. J'ai établi, par des preuves tirées de l'expérience, que ce fluide qui nous fait voir les objets, est universellement répandu dans l'univers; qu'il existe au-dedans, comme au-dehors des corps; qu'il remplit tous les espaces qui ne sont point occupés par une autre matiere; et qu'il n'y a rien dans la nature qui

* XV. Leçon, pag. 4 et suiv.

n'en soit intimement pénétré, jusques dans ses moindres molécules, de même, et bien plus encore que n'est imbibée d'eau une éponge mouillée. Conséquemment à cette premiere idée, nous devons concevoir que la contiguité des parties propres d'un corps quelconque est perpétuellement interrompue par des globules de la lumiere qui remplissent ses pores, et toute surface peut être considérée comme une espece de tissu dont les mailles sont remplies par ces mêmes globules.

Si l'on fait attention ensuite à la grande porosité des corps, tellement connue et avouée des physiciens, que selon la plupart d'entr'eux, les métaux les plus compactes ont plus de vuides que de plein; si l'on réfléchit sur la prodigieuse divisibilité de leurs parties qui nous laisse à peine la liberté de conjecturer des atômes, et si l'on n'oublie pas que la matiere de la lumiere est un fluide d'une subtilité inexprimable, on concevra sans peine que les mailles du tissu dont je parle, doivent être bien délicates, et que chacune d'elles contenant les

XVI. Leçon.

globules de la lumiere comme enchassés et fixés dans un chaton, toutes ensemble composent une surface, où cette derniere matiere a bien plus de part que celle même des corps, qu'on se propose de voir, et qui lui sert comme de cadre.

C'est donc principalement sur ces globules encadrés que tombent les rayons; et comme ces filets de lumiere ne sont eux-mêmes que des globules de la même nature alignés dans une même direction, et animés d'un mouvement de vibration, je conçois que les parties sur lesquelles ils agissent, ayant un degré de ressort semblable au leur, les répercutent et les renvoient mieux que ne pourroit jamais faire la matiere propre de la surface à laquelle elles appartiennent; car quand on supposeroit que celle-ci fût élastique aussi, est-il vraisemblable qu'elle le soit au point de s'agiter, de trembler avec la même fréquence, de rendre en un mot, vibration pour vibration? ce qui paroît être cependant indispensablement nécessaire, pour conserver aux rayons réfléchis le mouvement ou

l'action des rayons incidents, au moins dans le système de ceux avec qui je pense que la propagation de la lumiere se fait par un mouvement de pression.

Une seule surface, ou plutôt une couche infiniment mince, conçue comme je viens de l'exposer, ne seroit pas réfléchissante; parce que les globules de la lumiere, comme des diamants montés à jour, transmettroient toute l'action qu'ils auroient reçue, à d'autres suites de globules qui se trouveroient infailliblement derriere, puisque tout espace en est plein : le même effet arriveroit encore, si les rayons tomboient sur un corps composé de couches homogenes qui se répondissent maille pour maille, ou, ce qui est la même chose, dont les pores fussent dirigés en lignes droites : et c'est l'idée qu'il faut se faire des corps diaphanes ou transparents.

La lumiere n'est donc réfléchie, que quand elle tombe sur des globules de son espece, rangés et arrêtés dans une surface, de maniere que l'action qui leur est communiquée, ne puisse, ni passer plus loin, ni être amortie par

XVI. LEÇON.

quelque cause particuliere provenant de la nature ou de l'état actuel du corps qui les contient ; et comme en cela le tout ou rien n'a jamais lieu, on peut dire qu'il n'y a aucune surface qui réfléchisse parfaitement toute la lumiere qu'elle reçoit, comme il n'y en a point non plus d'où il n'en puisse revenir un peu.

Si l'on entend ainsi la cause du mouvement réfléchi de la lumiere, ce pouvoir réflectif qu'on attribue aux surfaces comme un être distingué d'elles-mêmes, cesse d'être un mystere : c'est la lumiere éteinte et fixée à l'embouchure des pores, qui s'anime par l'action même des rayons qui la touche, et dont la réaction se fait remarquer, quand le mouvement qu'elle reçoit ne peut passer plus loin. Cela n'est-il pas plus que probable, quand nous voyons un grand nombre de corps continuer de luire dans l'obscurité, après avoir été exposés au grand jour, comme je l'ai rapporté en parlant des phosphores ? et si l'expérience nous porte à croire, qu'en certains cas la lumiere se réfléchit avant, et sans même que les

surfaces des corps en aient été touchées, ce phénomene s'expliquera bien encore indépendamment de toute qualité abstraite. On peut penser que ces globules arrêtés dans la surface d'un corps servent comme des points d'appui à ceux qui les précédent hors de cette surface, et que ceux-ci pressés par les rayons qui tombent dessus, réagissent sur eux de maniere que tous les points de réflexion se trouvent à une petite distance du corps sur lequel ces rayons sont dirigés.

J'avoue qu'en embrassant cette opinion, on se met dans la nécessité de renoncer aux idées les plus communes, et de se roidir contre des préjugés bien accrédités et bien difficiles à vaincre. Se persuadera-t-on, par exemple, que les corps ne soient pas visibles par eux-mêmes, mais seulement par les points de lumiere dont leurs surfaces sont parsemées? Qu'à proprement parler, nous n'avons jamais rien vu de tout ce que nous avons touché? Cependant quel moyen de penser autrement, si nous ne pouvons rien voir que ce qui nous renvoie de la lumiere; et si les rayons qui nous

XVI. LEÇON.

tracent les images des objets ne peuvent être renvoyés vers nos yeux que par des globules de cette matiere impalpable, qui se trouve dans la même superficie avec les parties propres des corps ? Aidons-nous de quelques comparaisons, pour adoucir un peu la dureté de ces conséquences, et pour disposer les esprits en leur faveur.

Quand vous jettez la vue sur un morceau de drap teint en écarlate, votre premiere pensée n'est-elle pas que vous voyez un tissu de laine, et ne vous révolteriez-vous pas d'abord contre quiconque vous assureroit que vous voyez toute autre chose que cela ? Cependant, si vous y faites bien attention, et si vous raisonnez avec ordre, vous serez forcé de convenir que vous n'appercevez qu'un enduit de cochenille adhérente à la matiere propre de l'étoffe, des particules colorantes incrustées dans les pores de la laine ; en un mot, une substance étrangere à l'objet que vous avez eu pensée, et qui ne vous laisse voir de lui que sa grandeur, sa situation, sa figure, et nullement sa matiere propre.

Lorsque vous regardez un morceau de papier mouillé, et qu'il vous paroît plus bis qu'il n'a coutume de l'être étant sec, vous n'ignorez pas que la cause de ce changement ne soit l'eau dont il est imbibé : mais pourriez-vous avec la pointe de l'aiguille la plus fine toucher un endroit de la surface, qui ne participât à cet effet ? Que dis-je ! le meilleur microscope seroit-il capable de vous faire distinguer les endroits où l'eau s'est logée, d'avec les parties solides qui n'ont pu en être pénétrées ?

Voilà donc, comme vous voyez, des cas (et j'en pourrois citer une infinité d'autres) où les corps ne sont pas visibles par leur propre matiere, mais seulement par une substance étrangere qui s'est logée dans leurs pores. Si l'art peut produire ces effets avec des teintures et des liqueurs, qui n'approchent point à beaucoup près de la subtilité de la lumiere, pourquoi ne penserez-vous pas que tous les corps naturellement imbibés de ce fluide, dans lequel ils se sont formés, et où ils sont perpétuellement plongés, n'en eussent toujours

XVI. LEÇON.

à leurs surfaces un quantité égale à celle de leurs pores, qu'on sait être prodigieuse, et que ce ne soit-là non seulement la principale, mais même la vraie et la seule cause de leur apparence ou visibilité ?

Je préviens votre réponse : C'est, me direz-vous, que la lumiere prise en elle-même n'est point un objet, au lieu que les particules colorantes, ou celles d'une liqueur, sont de petits corps ; et quand ces matieres étrangeres, ou accidentelles, s'offrent immédiatement à ma vue, en me cachant ce que je cherche à voir, ou ce que je crois voir ; cette espece de masque au moins est un être réel et très-distinct de la lumiere qui m'en trace l'image.

Par les exemples que j'ai allégués, je n'ai prétendu faire entendre autre chose, sinon que les pores d'une surface, toujours beaucoup plus nombreux que ses parties solides, peuvent être remplis d'une substance étrangere à laquelle on ne devroit faire nulle difficulté d'attribuer la réflexion des rayons qui rendroient cette surface visible ; et je crois avoir suffisamment

rempli cette vue. Quant à la nature de ces particules colorantes, ou par la présence desquelles il arrive des réflexions de lumiere différentes de ce qu'elles étoient auparavant, je conviens que ce sont des petits corps, qui ne ressemblent point à ces portioncules de lumiere que nous supposons logées à l'embouchure des pores ; mais j'ose avancer, et je le prouverai ailleurs, que la cochenille incrustée dans les pores de la laine, n'est point par elle-même ce qui fait voir le drap rouge ; elle n'en est que la cause occasionnelle, et sans une lumiere qui lui est propre, et dont elle est abreuvée comme une éponge, ni elle-même, ni la laine qu'elle couvre, n'auroit cette belle couleur qui éclate à nos yeux. L'eau qui altere la blancheur du papier, en le faisant paroître plus bis, n'est pas non plus la cause immédiate de ce changement : ce n'est point parce que j'apperçois des parcelles d'eau mêlées avec les parties propres du papier, que je vois celui-ci moins blanc qu'à l'ordinaire ; c'est plutôt parce qu'une partie de la lumiere qui tombe sur cette feuille,

XVI. LEÇON.

trouvant les pores remplis d'une matière transparente, s'absorbe dans son épaisseur, et passe au-delà ; il en revient d'autant moins par réflexion : or un corps paroît plus obscur, quand il réfléchit moins de rayons.

Je conviens qu'on auroit peine à concevoir, comment la lumiere peut être elle-même un objet visible, si l'on faisoit abstraction des circonstances. Ces petites portions de lumiere qui brillent à l'embouchure des pores, sont comme autant de miroirs qui nous font voir les surfaces en nous renvoyant le jour qui les éclaire : mais il ne faut point oublier que ces miroirs sont encadrés, pour ainsi dire, et circonscrits suivant la figure, la grandeur et la situation des places qu'ils occupent : ainsi, par cela seul, leurs effets doivent varier comme la porosité des corps, c'est-à-dire, à l'infini. Si vous ajoutez encore les différences qui peuvent venir de l'état actuel des surfaces plus régulieres, plus polies les unes que les autres, vous comprendrez aisément pourquoi elles ne brillent pas toutes également, quoique visibles par la même cause.

On pourroit m'objecter encore, que suivant mes principes, les corps les plus poreux devroient éclater en lumiere plus que tous les autres ; ce qui est visiblement contraire à l'expérience, puisqu'assez généralement ce sont ceux qui sont les plus sombres.

Mais ce n'est pas seulement parce qu'un corps est poreux qu'il réfléchit de la lumiere, c'est principalement, parce que ses pores sont remplis de portions de lumiere incapables de transmettre dans l'épaisseur du corps, ou au-delà, le mouvement qui leur est imprimé par les rayons incidents. Si ces vuides sont tellement ouverts, qu'ils admettent non seulement la matiere de la lumiere, mais aussi quelqu'autre fluide, comme l'air de l'atmosphere, s'ils sont alignés de maniere que les globules qui s'y trouvent aient la liberté de faire passer à d'autres l'action qu'ils ont reçue, cette plus grande porosité, au lieu d'aider à rendre la surface plus lumineuse, fera un effet tout contraire : cela n'a pas besoin d'une plus grande explication.

Si l'on me demande présentement

XVI. LEÇON.

pourquoi la plupart des surfaces, en réfléchissant la lumiere vers nous, ne font naître dans nos yeux que leur propre image, tandis que d'autres (qu'on nomme pour cela *miroirs*, y font arriver celle des objets qu'on leur présente sous un certain aspect, je répondrai que les dernieres, plus régulieres, plus polies et plus resplendissantes que les autres, renvoient un plus grand nombre de rayons, et leur conservent des directions qui ont des rapports mesurés et constants avec les rayons incidents qui leur sont venus de l'objet. Je ne m'arrêterai pas présentement à étendre et éclaircir davantage cette réponse, parce qu'elle est l'objet principal de cet article dans lequel nous avons à traiter des effets de la lumiere réfléchie, en supposant toujours que les surfaces réfléchissantes sont régulieres, et d'un poli parfait.

Quand la lumiere va frapper un corps opaque, solide ou fluide, on peut dire qu'elle se partage en trois parties, dont une se réfléchit régulièrement, affectant, après qu'elle a touché la surface réfléchissante, une

direction qui a un rapport constant avec celle qu'elle avoit auparavant : une autre partie se réfléchit irrégulièrement en s'éparpillant de tous les côtés, à cause des inégalités qui se trouvent indispensablement à la surface qui la renvoie (car il n'y en a aucune qui soit parfaitement polie) ; enfin une troisieme portion s'éteint dans le contact, soit que les parties propres du corps qu'elle touche ne soient pas capables de lui rendre, ou de lui laisser reprendre la force qu'elle perd en les heurtant, soit que son action pénetre dans les pores, et s'y anéantisse.

Suivant que ces trois parties de lumiere l'emportent l'une sur l'autre par leurs quantités, les surfaces sur lesquelles les rayons tombent, prennent différents noms, et produisent divers effets par rapport à la vision. Nous appelons *sombres* ou *obscures* celles qui absorbent beaucoup de lumiere, et qui en renvoient peu ; nous nommons *claire* ou *resplendissantes*, celles qui en réfléchissent de toutes parts, et en grande quantité ; et nous donnons le nom de *miroirs* à celles d'où la plupart des rayons reviennent avec un

XVI. LEÇON.

certain ordre. Celles-ci se font à peine appercevoir, mais elles nous représentent distinctement les objets qui les éclairent : celles de la seconde espece sont très-visibles, et ne font voir qu'elles-mêmes : les autres ne se font guere plus voir que les miroirs ; mais elles n'ont pas, comme eux, la propriété de représenter les objets éclairés qu'on leur oppose.

Comme il s'agit ici d'effets constants, on voit bien que c'est à cette portion de lumiere qui se réfléchit réguliérement, que nous devons avoir affaire, celle-là seule étant assujettie à des mouvements qu'on puisse prévoir, et sur lesquels il soit possible d'établir une théorie. Nous supposons donc que les surfaces réfléchissantes sont des miroirs parfaits ; ou plutôt, nous faisons abstraction de la lumiere dispersée par leurs irrégularités, ou éteinte par quelqu'autre défaut de leur part.

Un rayon de lumiere ne peut tomber sur la surface d'un miroir que de deux façons, ou perpendiculairement, comme *f c*, *fig.* 1, par rapport à la ligne *a b* ; ou bien obliquement, comme

d c, par exemple. C'est à l'expérience à nous dire ce qui doit arriver dans l'un et dans l'autre cas, nous ne pouvons pas le deviner ; parce que ne reconnoissant point *à priori* le degré d'élasticité qui appartient, ni au rayon qui choque, ni à la surface qui est choquée, nous ne saurions prévoir au juste comment se fera la réflexion.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La *fig.* 2 représente un cercle de matiere solide, qui a 26 pouces de diametre. Il est élevé verticalement sur un pied qui se hausse et se baisse quand il le faut ; il tourne sur son centre, mais de maniere qu'il reste de lui-même dans toutes les situations qu'on lui fait prendre. La circonférence est divisée en 4 quarts, et chaque quart en 90 degrés, à commencer par deux points diamétralement opposés. Cette circonférence graduée est élevée par quatre petits pieds, d'environ trois lignes au-dessus du plan du cercle, et porte deux curseurs, à l'un

XVI. LEÇON.

desquels est attachée une platine de cuivre *A* de quatre pouces en quarré, perpendiculaire au plan du cercle, et percée au milieu d'un trou rond de deux pouces de diametre, avec un drageoir, pour recevoir, ou des verres de différentes especes, ou des diaphragmes percés de diverses manieres ; l'autre curseur *B* porte un chassis de trois pouces de large sur six de long, garni d'un papier huilé, et courbé suivant la circonférence du grand cercle, aux divisions de laquelle répondent des lignes tracées sur la largeur du papier transparent. *C*, *D*, sont deux petits piliers à coulisses élevés perpendiculairement sur le plan du cercle, pour recevoir successivement trois miroirs de métal, de six pouces de long sur deux de large, dont un plan, et les deux autres courbes selon leur longueur, comme pour s'ajuster à la circonférence d'un cercle de deux pieds de diametre : de ces deux derniers miroirs, l'un est poli par sa surface concave, et l'autre par sa surface convexe ; et quand un des trois est en place, la ligne *e f* tracée sur le cercle, tombe perpendi-

culairement au milieu de sa longueur.

Cette machine étant ainsi préparée et garnie du miroir plan, se place dans une chambre fermée de toutes parts, et dans laquelle il n'entre d'autre lumiere qu'un rayon du soleil gros comme le doigt, qu'on fait passer à midi, ou dans quelque autre heure, qui n'en soit pas trop éloignée, par un trou pratiqué au volet de la fenêtre : il faut poser le cercle de maniere, que le rayon rasant sa surface, tombe obliquement sur le milieu du miroir, et vis-à-vis la ligne *e f*; ensuite on fait glisser le curseur avec la platine *A*, jusqu'à ce que recevant le rayon total, elle en transmette une partie par le trou d'un diaphragme de cuivre mince dont elle doit être garnie pour cette expérience.

EFFETS.

1°. Le rayon solaire qui passe ainsi jusqu'au miroir, rejaillit dans la partie opposée du même plan, et forme sur le chassis transparent une image lumineuse et ronde, comme le trou par lequel il a passé dans la platine *A*; et si l'on observe à quel degré répond

XVI. LEÇON.

le centre de cette image sur la circonférence du grand cercle, on trouve qu'il est autant éloigné du point *e*, que l'est dans la partie opposée le centre du trou par lequel il a été reçu.

2°. Si l'on fait tourner le cercle et glisser la platine *A*, de maniere que le rayon tombe moins obliquement sur le miroir, on trouve que l'image formée par le rayon réfléchi sur le chassis transparent, s'approche du point *e* dans la même proportion.

3°. Si le cercle est tourné de façon que le rayon incident suive la ligne *e f*, pour aller au miroir, alors on ne distingue plus de rayon réfléchi ; il rejaillit de dessus le miroir, par la même ligne qu'il suit en tombant.

On peut embrasser ces trois résultats dans cette proposition générale : *La lumiere, lorsqu'elle est réfléchie, fait toujours l'angle de sa réflexion égal à celui de son incidence.*

EXPLICATION.

Le mouvement réfléchi, comme nous l'avons vu dans la IVe Leçon, vient de ce que les parties du mobile, ou celles de la surface sur laquelle il

tombe, se rétablissent après avoir été comprimées; car ces parties, comme autant de petits ressorts, en se remettant dans leur premier état, repoussent devant elles le corps qui les avoit pliées : ainsi, le mouvement dont un rayon de lumiere est animé revient sur lui-même, quand sa direction est, comme *f c*, *fig.* 1, perpendiculaire à la surface du miroir.

Dans le cas de l'incidence oblique, on peut considérer la lumiere, ou son action, comme transportée par deux mouvements, dont l'un la fait descendre de la quantité *d g*, tandis que l'autre la fait avancer à une distance égale à *d P* : la rencontre du miroir ne change rien à ce dernier mouvement, dont la direction est parallele à la surface *a b* : ainsi, la lumiere doit continuer de s'avancer de la quantité *c h*, en aussi peu de temps qu'elle en a mis pour parcourir une distance égale à *d P*. Mais l'autre mouvement qui l'a fait descendre de la hauteur *d g*, se détruit totalement par l'obstacle du miroir qui lui est directement opposé, et il en renaît un autre dans une direction contraire,

XVI. LEÇON.

par la réaction des parties comprimées : or de ce nouveau mouvement qui tend vers *P*, et de celui qui subsiste avec la direction *c h*, il s'en compose un par lequel le rayon s'incline nécessairement à la partie *a c* du miroir ; et cette inclinaison *c e* doit être égale à *d c*, si par le ressort des parties qui se rétablissent après le choc, le rayon reçoit autant de vîtesse pour remonter qu'il en avoit pour descendre, lorsqu'il est tombé sur le miroir.

Puisque nous voyons par le fait que l'angle *e c h* est égal à *d c b*, et que cette égalité a lieu dans toutes les incidences possibles, nous devons donc conclure que le ressort des parties qui cause la réflexion est parfait ; c'est-à-dire, qu'elles se rétablissent complettement, et en aussi peu de temps qu'il en a fallu pour les comprimer ; car sans cela le rayon réfléchi, en s'avançant à la distance *c h*, ne parviendroit jamais aussi haut que le point *e* ; ce qui rendroit l'angle de réflexion plus petit que celui d'incidence. Par conséquent, l'expérience, en nous montrant cette égalité des angles, nous apprend que les parties

de la lumiere sont d'une élasticité parfaite, ou que s'il y manque quelque chose, on ne s'en apperçoit pas sur des rayons réfléchis d'une assez grande longueur ; car l'expérience, dont il est ici question, se peut faire bien plus en grand, et toujours avec le même succès. Nous ne pouvons pas attribuer ce parfait ressort aux miroirs, puisqu'on en fait avec toutes sortes de matieres, pour peu qu'elles soient susceptibles de poli ; est-il naturel de penser que tous les corps qui renvoient la lumiere, soient composés de parties parfaitement élastiques ?

Cette derniere considération est encore d'un assez grand poids, pour nous porter à croire que ce ne sont pas des parties propres des surfaces qui réfléchissent la lumiere ; car si elles ne sont, ni absolument inflexibles, ni parfaitement élastiques, comment n'amortissent-elles pas l'action de la lumiere incidente ? et si cette action s'affoiblit dans le choc, pourquoi retrouve-t-on au rayon réfléchi une vîtesse égale à celle qui a péri contre le miroir ? Il est bien vrai que la lumiere renvoyée par une surface,

XVI. LEÇON.

quelque polie qu'elle soit, n'est jamais aussi forte que celle qui vient directement du corps lumineux ; mais ce déchet ne tient point au mouvement des rayons : il vient de ce que leur nombre est diminué, plusieurs d'entr'eux ayant été, ou absorbés, ou détournés, comme je l'ai fait entendre ci-dessus.

La loi générale que je viens d'établir par l'expérience précédente, savoir : *que la lumiere fait toujours son angle de réflexion égal à celui de son incidence*, est le fondement de toute la Catoptrique ; les autres n'en sont que des applications ; et quiconque sauroit bien manier ce principe (*a*) se-

(*a*) Un géometre qui sait par expérience, 1.° que la lumiere se meut toujours en ligne droite dans un milieu homogene ; 2.° qu'à la rencontre des miroirs elle fait l'angle de sa réflexion égal à celui de son incidence, peut se passer des moyens que je vais employer pour expliquer les principaux phénomenes de la Catoptrique : tous les cas que j'ai à parcourir et à examiner, sont autant de problêmes dont la solution sera pour lui plus facile, plus sûre, plus précise et plus étendue que tout ce qu'on peut attendre des expériences, où l'imperfection et l'embarras des machines se fait toujours sentir. Je n'offre donc cette partie de mon ouvrage qu'aux lecteurs qui ne peuvent se passer

roit

roit en état de prévoir tous les effets des miroirs, de quelque figure qu'on les supposât, et d'en rendre raison : mais pour faciliter cette étude aux personnes que nous supposons n'être pas suffisamment initiées, je vais exposer les cas les plus généraux, et tâcher de faire entendre comment de cette régle naissent certains faits capitaux, auxquels on peut rapporter tous les phénomenes qui dépendent de la lumiere réfléchie.

XVI. LEÇON.

Soit que la lumiere réfléchie nous trace l'image d'un objet, soit qu'elle produise de la chaleur, ce n'est jamais par un seul rayon qu'elle opere ces effets; il y en a toujours plusieurs qui agissent ensemble; et comme la réflexion de chacun d'eux dépend de son incidence particuliere, il faut premiérement considérer dans quel ordre ces rayons arrivent à la surface réfléchissante : ils peuvent être divergents, paralleles ou convergents, et par cela seul l'incidence peut être plus ou moins oblique pour les uns que pour les autres.

En second lieu, on doit avoir égard

des preuves sensibles, ou qui seront curieux d'apprendre jusqu'à quel point l'expérience peut servir à confirmer la théorie.

XVI. LEÇON.

à la figure du miroir, s'il est plan ou courbe, concave ou convexe; car les rayons tombant sur différents points des surfaces, et ces points étant tantôt dans un seul et même plan, tantôt dans des plans plus ou moins inclinés les uns que les autres aux rayons incidents, il est facile de comprendre que la réflexion de ceux-ci doit varier d'autant : ce qui peut apporter beaucoup de changement à leurs positions respectives.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence sont réfléchis par un miroir plan.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

L'appareil de cette expérience est le même que dans la premiere, avec cette seule différence, qu'au lieu d'un rayon solaire, on en fait passer deux par le diaphragme de la platine *A*, lequel pour cet effet est percé de deux trous ronds de 3 lignes de diametre, dont les centres sont à dix degrés de distance l'un de l'autre.

EFFETS.

Avec quelque degré d'inclinaison que ces deux rayons paralleles soient reçus sur le miroir *CD*, on observe constamment qu'après la réflexion, ils demeurent sensiblement paralleles entr'eux; car les deux cercles lumineux qu'ils impriment sur le papier du chassis *B*, à mesurer la distance des centres, sont autant éloignés l'un de l'autre, que les trous du diaphragme qui est en *A*.

EXPLICATION.

Puisque le miroir est plan, les deux endroits *a*, *b*, *fig.* 3, qui reçoivent les rayons incidents *a c*, *b d*, sont dans une ligne droite; quand les rayons sont paralleles entr'eux, les angles *c a e* et *d b f* qu'ils font avec la partie du miroir à laquelle ils sont inclinés, sont égaux; et puisque la lumiere fait toujours son angle de réflexion égal à celui de son incidence, l'autre partie *a g* du miroir étant la continuation de la ligne droite *f a*, les deux angles *i b h*, *g a k*, deviennent encore égaux, et delà suit nécessairement le parallélismo des deux rayons réfléchis *a k*, *b h*.

XVI. LEÇON.

Les deux rayons solaires que je donne comme paralleles dans cette expérience, ne le sont pourtant qu'à peu près, et parce qu'on n'en considere qu'une longueur de deux pieds. A parler exactement, il faut convenir qu'ils sont divergents, et que les deux centres des images lumineuses sur le papier du chassis *B* sont un peu plus distants l'un de l'autre, que ceux des trous du diaphragme en *A*.

Il est nécessaire de bien entendre ceci, et pour cela il faut faire attention que le faisceau des rayons solaires qui passe par un trou de la fenêtre dans la chambre, ne vient pas d'un seul point radieux, mais de tous les points de la surface de l'astre auxquels ce trou est exposé. Or, nous avons vu dans la Leçon précédente * que les jets de lumiere, qui de plusieurs endroits viennent ainsi se rendre au même passage, s'y croisent et forment entr'eux des angles opposés par leurs pointes, et qui sont par conséquent égaux. Le diametre du soleil forme un arc de 32 minutes; c'est-à-dire, que si l'on conçoit comme un grand cercle la révolution apparente du soleil en 24 heures,

* Pag. 96.

le disque de cet astre en couvre par sa largeur un peu plus d'un demi-degré ; d'où il suit que les rayons qui partent des points diamétralement opposés de ses bords, et qui viennent se croiser dans le trou de la fenêtre, doivent terminer dans la chambre obscure, non par un cylindre, mais une pyramide lumineuse dont la base occupe 32 minutes d'une circonférence de cercle qui auroit son centre au trou dans lequel se croisent les rayons en entrant.

Quoique les rayons solaires employés dans notre expérience n'ayent point à la rigueur le parallélisme que nous leur supposons, l'effet que nous voyons nous autorise toujours à croire, que les rayons paralleles dans leur incidence continuent constamment de l'être, quand ils sont réfléchis par un miroir plan, parce que cela tient à l'égalité des angles de réflexion et d'incidence qui a été prouvée précédemment, et à la nature du miroir, et non pas à un parallélisme plus ou moins parfait, comme on peut voir par l'explication que nous avons donnée du fait.

XVI. LEÇON.

SECOND CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence sont réfléchis par un miroir plan.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On se sert encore ici de la même machine, *fig.* 2, en ajoutant sur le diaphragme en *A* un verre concave, dont la propriété est de rendre la lumiere divergente, comme nous l'expliquerons ailleurs. On ôte le miroir de sa place, pour voir d'abord sur le chassis transparent qu'on abaisse dans le quart de cercle *E*, de combien les deux rayons sont divergents : après quoi l'on remonte le chassis, et l'on remet le miroir.

EFFETS.

On voit par la distance ou l'écartement des deux images lumineuses sur le chassis *B*, que les rayons réfléchis ont le même degré de divergence qu'ils avoient avant que de toucher le miroir.

TROISIEME CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence sont réfléchis par un miroir plan.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On procede de la même maniere que dans l'expérience précédente ; mais au lieu de verre concave en *A*, on employe un verre convexe qui rassemble les rayons solaires à 24 pouces de distance.

EFFETS.

Quand le miroir est ôté, les deux rayons convergent sur le chassis transparent qu'on a baissé ; et lorsqu'on a remis le miroir en place, et qu'on a fait remonter le chassis, les rayons réfléchis se rassemblent de même et forment un seul point lumineux comme auparavant, ce qui prouve égalité de convergence, après comme avant la réflexion.

EXPLICATION.

Si l'on a bien compris ce qui a été

XVI. LEÇON.

dit pour expliquer les effets de la seconde expérience, on n'aura pas de peine à voir pourquoi la réflexion qui se fait sur un miroir plan ne change rien à la divergence, ni à la convergence des rayons incidents ; car puisqu'en pareil cas les deux angles de réflexion, toujours égaux à ceux d'incidence, conservent nécessairement le parallélisme aux rayons qui tombent sur le miroir avec des inclinaisons semblables, quand ceux-ci ne sont point paralleles, c'est une nécessité que leur réflexion réglée sur leur incidence les représente avec la divergence ou la convergence que leur donnent ces différents degrés d'inclinaison, avec lesquels ils viennent frapper le miroir. Jettez seulement les yeux sur les *fig.* 4 et 5, et vous verrez que *i b h*, et *g a k*, étant égaux à *d b f*, et *c a e*, les rayons réfléchis à la distance *F*, se réunissent ou s'écartent de la même quantité que les rayons directs l'eussent été en *E* sans l'interposition du miroir.

Il faut remarquer : 1°. Que dans la IIIe expérience, non seulement les cercles lumineux ont paru plus écartés

l'un de l'autre sur le papier du chassis *B*, que ne l'étoient les rayons en sortant des trous du diaphragme *A*, mais encore que chacun d'eux est devenu plus grand que dans la IIe expérience. 2°. Que quand les rayons ont été rendus convergents dans la IVe expérience, les deux ensemble n'ont plus formé qu'un point lumineux à l'endroit de leur réunion, au lieu d'un cercle de 3 ou 4 lignes de diametre égal au trou de la platine *A*.

Tout cela vient de ce que les verres concaves et convexes dont on se sert pour faire diverger et converger les deux jets cylindriques, produisent les mêmes effets sur les filets de lumiere dont chacun d'eux est composé. J'aurois donc pu n'employer dans ces expériences, et dans celles qui vont suivre, qu'un seul jet de lumiere; puisqu'en comparant le cercle lumineux formé par le rayon réfléchi sur le chassis transparent, avec celui qui auroit été produit par le rayon direct, ou avec le trou de la platine en *A*, nous aurions appris de même les effets des miroirs, par rapport à la direction respective des parties de la

XVI. LEÇON.

lumiere ; mais j'ai mieux aimé en employer deux, pour rendre la théorie plus sensible, plus simple et plus aisée à exprimer par des figures. Qu'on se souvienne seulement, que les deux rayons que nous faisons paroître dans nos expériences, en faisant abstraction de leur forme particuliere, peuvent toujours représenter des cylindres, des pyramides ou des cônes de lumiere coupés selon la longueur de leur axe.

APPLICATIONS.

La surface d'une eau claire et tranquille fut sans doute le premier modele des miroirs ; mais on peut dire que l'art, en imitant la nature, l'a de beaucoup surpassée dans cette partie ; car outre que les plaques de métal polies par lesquelles on a commencé, et les glaces étamées qu'on leur a substituées depuis, représentent les objets d'une maniere bien plus vive ; ces merveilleuses inventions ont encore sur ces miroirs fluides l'avantage d'avoir transporté dans nos appartements, tant pour la décoration, que pour l'utilité, des effets qui eussent été

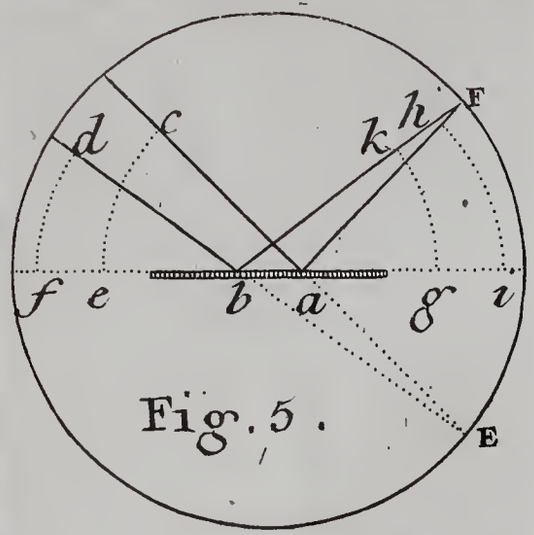


Fig. 5.

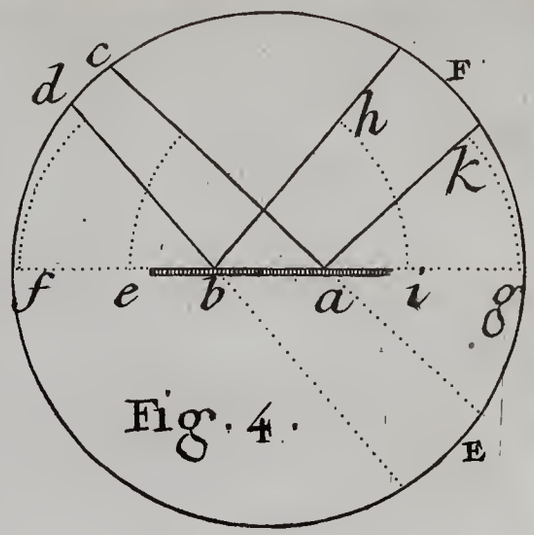


Fig. 4.

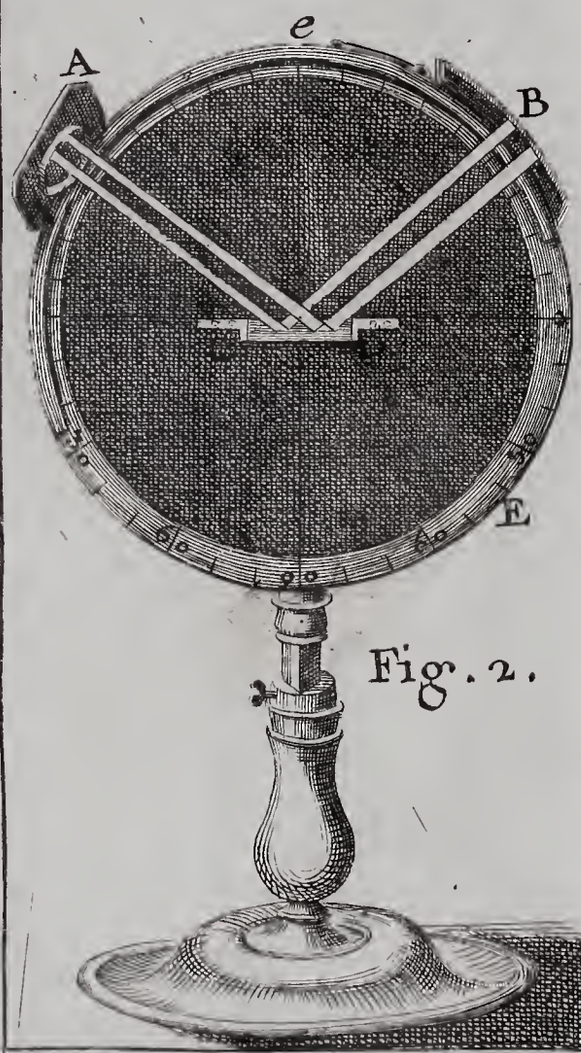


Fig. 2.

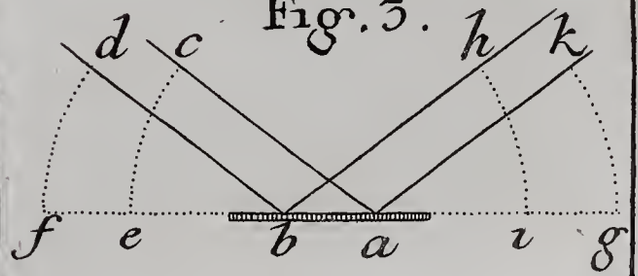


Fig. 3.

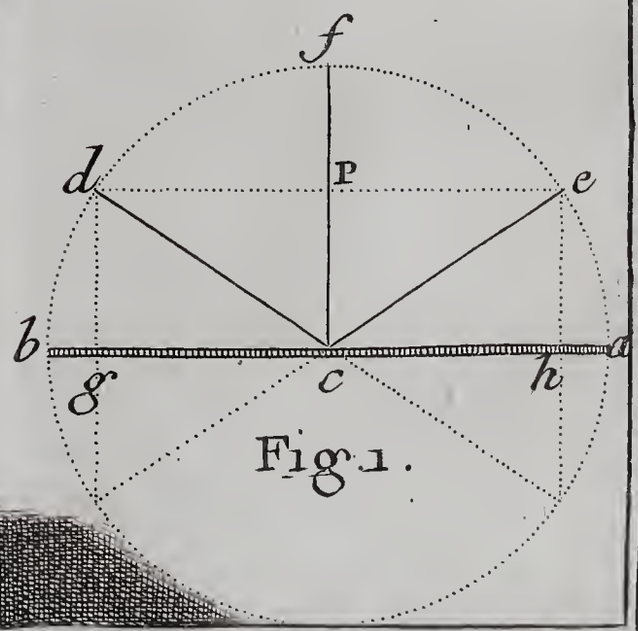


Fig. 1.

Gobin. Sc.

restreints à peu d'usage, et qui se passoient le plus souvent sous des yeux qui n'en sentoient pas toute la beauté. Le philosophe le plus sévere se déride aujourd'hui dans la maison d'un homme opulent, lorsqu'entouré de glaces richement encadrées, et placées avec intelligence, il apperçoit par-tout son portrait et ses mouments, du monde, des bâtiments, des jardins immenses au-delà d'un mur, où il sait qu'il n'y a rien de tout cela; des points de vue amenés comme malgré eux à des directions plus convenables; et quantité de semblables illusions plus charmantes les unes que les autres : il est entré en maudissant le luxe, il sort en admirant ce que l'on a su faire pour le contenter.

Les anciens miroirs étoient faits, non d'acier, comme bien des gens le pensent, mais de cuivre allié d'étain, et d'arsenic ou d'antimoine, pour être de la couleur de l'argent; mais outre que cela devenoit d'un poids incommode, d'un prix assez considérable, et difficile à travailler en grand, ce métal composé avoit encore l'in-

XVI. LEÇON.

convénient de se ternir promptement, ce qui le rendoit désagréable à voir, et hors d'état de réfléchir la lumiere assez bien pour représenter les objets. Depuis l'invention des glaces, on ne fait plus de ces miroirs qu'en petit, et dans le cas où l'on auroit trop de peine à les construire avec du verre.

Les glaces enduites par derriere d'un amalgame d'étain et de mercure sont plus légeres, moins coûteuses, et d'un poli plus durable que le métal dont je viens de parler : mais elles ont un défaut qui ne permet pas qu'on les emploie dans les instruments de Catoptrique, où l'on a besoin d'une grande précision ; c'est que presque toujours elles donnent deux images de l'objet, l'une par la surface antérieure, l'autre par le tain qui couvre la derniere, avec cette différence, que celle-ci est beaucoup plus forte ; et cet effet est d'autant plus marqué, que la glace est plus épaisse, comme on en pourra aisément juger en jettant les yeux sur la *fig. 6*, dans laquelle *a b* représente la premiere, et *c d* la derniere sur-

face d'une glace au tain ; car on voit que si deux rayons partant du même point de l'objet sont réfléchis, l'un par la surface *a b*, l'autre par *c d*, le premier portera l'image du point lumineux en *e*, et le dernier la fera voir en *f*.

On ne peut pas se servir d'un seul miroir plan, quelque grand qu'il soit, pour rassembler les rayons solaires, ni augmenter par-là le degré de chaleur qu'ils produisent ; car comme une telle réflexion ne change rien à leur parallélisme naturel, on n'en doit point attendre un effet qui ne pourroit arriver que par leur convergence : la lumiere directe du soleil seroit plus efficace, le miroir n'étant jamais assez parfait pour réfléchir réguliérement tous les rayons qui tombent dessus.

La clarté des bougies fait communément plus d'effet dans les lieux où il y a beaucoup de glaces ; parce qu'indépendamment de ces petites flammes, dont les images se multiplient, il revient plus de lumiere de dessus les glaces polies, que des lambris peints, ou des meubles qui couvrent les murailles.

XVI. LEÇON.

Quand nous regardons directement un objet, c'est cet objet même que nous voyons ; et s'il est près de nous, nous le voyons presque toujours tel qu'il est ; mais dans un miroir nous n'appercevons que son image. Cette espece de phantôme, au lieu de paroître appliqué à la surface réfléchissante qui le fait naître, se voit toujours au-delà à une distance plus ou moins grande, suivant celle de l'objet au miroir : sa grandeur, sa situation, sa figure ne répondent pas toujours à celles du corps qu'il représente. Cherchons les raisons de tous ces effets : et pour nous faire mieux entendre, procédons par des suppositions extrêmement simples.

Représentons la surface d'un miroir plan par la ligne droite *a b*, *fig.* 7. Soit un point lumineux *c* dont un rayon *c d* aille frapper le miroir, et se réfléchisse comme *d e*. L'objet apperçu par ce dernier trait de lumiere ne sera pas jugé en *c* où il est ; mais dans la ligne *e f*, (la distance restant indéterminée) parce que, comme nous l'avons enseigné précédemment *, on voit toujours dans la

* XV. Leçon, page 76.

direction des rayons qui entrent dans l'œil : or dans le cas présent, l'œil reçoit le rayon *d e* qui fait partie de la ligne *e f*.

Quant à la distance, il faut faire attention que jamais nous ne voyons par un rayon simple : de chaque point visible il nous vient une pyramide de lumiere dont la prunelle de notre œil mesure la base ; *c d*, *d e*, *fig.* 7, n'est donc, à proprement parler, que l'axe de la pyramide partie incidente, partie réfléchie représentée par la *fig.* 8. Il faut encore se souvenir que quand les objets sont près de nous, nous déterminons la distance des points visibles par le degré de divergence des rayons qui forment les pyramides lumineuses ; c'est-à-dire, que chacun de ces points nous paroît être à l'endroit où les rayons iroient se réunir, ou se croiser, s'ils partoient de l'œil dans le même ordre avec lequel ils s'y sont présentés ; c'est donc en *g* que le point *c* doit être apperçu, quoique la réunion des rayons ne soit qu'imaginaire.

Mais l'expérience nous ayant fait voir que la réflexion par un miroir

XVI. LEÇON.

plan ne change rien à la divergence des rayons, il s'ensuit que les points *g* et *c* sont de part et d'autre à égales distances de la surface réfléchissante *a b*, et qu'ayant l'œil placé en *c*, on voit par réflexion l'image du point *c*, précisément aussi loin qu'on l'auroit jugée, en le regardant lui-même directement du point *h*.

Voilà donc pourquoi nous voyons toutes les images espacées entr'elles derriere un glace, comme les objets le sont devant elle : voilà ce qui fait que notre propre image s'avance vers nous, quand nous marchons vers le miroir, et que les mouvements et les gestes que nous faisons en avant et en arriere sont rendus en sens contraire : d'où il arrive que sans une grande habitude, nous avons peine à diriger l'action de nos mains en les conduisant de l'œil par le moyen d'un miroir ; car leur image passant d'avant en arriere, par rapport à nous, quand nous la faisons agir d'arriere en avant, nous croyons toujours avoir fait quelque mouvement contraire à notre intention, et cette incertitude nous fait hésiter, et nous rend mal-adroits.

Nous jugeons de la grandeur des images apperçues derriere les miroirs, comme de celle des objets que nous voyons par des rayons directs ; c'est-à-dire, que nous estimons leurs dimensions par les angles visuels qui les embrassent. Ainsi, comme suivant le résultat de la IVe expérience, la réflexion qui se fait par un miroir plan conserve aux rayons de lumiere le degré de convergence qu'ils avoient dans leur incidence, il s'ensuit que l'angle *k e l*, *fig. 9*, est égal à *K i L*, et qu'on doit voir l'image *k l*, précisément de la même grandeur qu'on verroit l'objet *K L*, lui-même, si on le regardoit du point *i*. C'est pourquoi l'on dit qu'une glace est *fausse*, quand l'image y paroît plus petite ou plus grande que l'objet qu'elle représente, parce qu'en effet cela n'arrive point quand elle est vraiment droite dans toute sa surface, comme elle doit l'être.

Les images qu'on apperçoit derriere les miroirs tenant lieu d'objets à la vision, nous dérogeons souvent, par prévention ou par habitude, à la régle des angles visuels, pour esti-

XVI. LEÇON.

mer leur grandeur et leur distance. On peut appliquer ici tout ce qui a été dit à ce sujet dans la Section précédente, en considérant de plus, que comme la rencontre des miroirs les plus parfaits, cause toujours un déchet de lumiere, la clarté des images devient par-là moindre que celle des objets, ce qui nous porte à croire qu'elles sont dans un éloignement plus grand que celui qui résulte de la disposition des rayons réfléchis.

Il est presqu'inutile de faire remarquer, qu'un homme qui se regarde dans un miroir voit toute la partie droite de son corps à la gauche de son image; cela ne peut pas être autrement dès que celle-ci se présente face à face de son objet; elle en est comme la contr'épreuve : deux personnes vis-à-vis l'une de l'autre se voient de la même maniere.

Mais ce qu'il est à propos d'observer, c'est que quand on est ainsi debout devant une glace, on ne peut voir de sa propre grandeur qu'une partie qui égale deux fois celle du miroir; de sorte que si ce miroir n'a pas la moitié de votre hauteur, vous

ne pourrez pas vous y voir tout en-
ier. Vous verrez davantage une per-
sonne de votre taille, qui sera pla-
cée plus loin que vous de ce même
miroir; comme aussi vous verrez
moins celle qui sera dans un moin-
dre éloignement. Pour comprendre
aisément les raisons de cet effet, il
faut jetter les yeux sur la *fig.* 9, et
considérer, que quand l'objet et l'œil
sont à égales distances du miroir,
comme cela est, quand on se regarde
soi-même, les deux rayons qui for-
ment l'angle *k e l*, et qui terminent
les deux extrémités de l'image, sont
coupés à la moitié de leur longueur
par la ligne *a b* qui représente la sur-
face réfléchissante : ou leur écarte-
ment dans cet endroit est égal à la
moitié de l'espace *k l*, dans lequel est
renfermé toute l'image : d'où il suit évi-
demment que si le miroir étoit moins
haut que *m n*, il ne feroit pas voir l'ob-
jet *K L* tout entier.

En un mot, puisque les rayons *m e*,
n e réfléchis par un miroir plan,
conservent le degré de convergence
qu'ils avoient en venant des extrémités
K L, de l'objet, les apparences par la

XVI. LEÇON.

partie *m n*, doivent être telles qu'elles seroient par un trou à jour de même grandeur fait dans une planche, si l'œil étoit placé derriere. Or, on sait qu'en regardant par cette ouverture, on découvriroit une étendue plus ou moins grande, suivant qu'on seroit plus ou moins près de cette espece de fenêtre, et il est aisé d'en trouver les proportions : car si l'on considere que l'œil est comme le centre, ou le point de convergence de tous les rayons visuels qui rasent les bords du trou, ces mêmes rayons prolongés au dehors montreront par leur écartement, l'étendue qu'ils embrassent à une distance donnée.

On doit donc avoir égard à toutes ces considérations, quand on fait placer des glaces dans les appartements, à dessein de faire voir des édifices, des parties de jardins ou des points de vue qu'on aime à rencontrer; sans cela on court risque de manquer ses projets, ou de ne les remplir qu'imparfaitement.

La situation de l'image dépend de la position de l'objet relativement à celle du miroir : comme chaque

partie de l'objet et le lieu de son apparence, sont de part et d'autre à égales distances de la surface réfléchissante, s'il y a quelqu'une de ces parties plus près ou plus loin du miroir, l'image la représentera de même: voilà ce qui fait que *k l*, *fig.* 9, est inclinée dans un sens contraire à son objet *K L*; car il faut que le point *k*, se trouve plus près de la surface *a b*, que le point *l*. Qu'un homme se couche tout à plat sur le parquet d'une chambre, ayant les pieds contre une glace élevée d'à-plomb, son image paroîtra couchée de même; elle aura comme lui les pieds contre la glace, et la tête dans le plus grand éloignement; et si cet homme se roidissant sur les talons, se fait relever de maniere que son corps décrive un quart de cercle, l'image passera aussi par tous les degrés d'inclination, jusqu'à ce que l'un et l'autre se trouvent paralleles à la glace qui sera entr'eux deux.

XVI. LEÇON.

On voit par-là de quelle conséquence il est de placer les glaces dans les appartements, de façon qu'elles fassent exactement des angles

XVI. LEÇON.

droits avec les planchers et avec les murs ; sans quoi, ni les uns, ni les autres, ne peuvent s'aligner avec leurs images ; parce que celles-ci s'inclinent vers leurs objets, quand les objets s'inclinent aux miroirs.

Une chose très-curieuse à remarquer, c'est que quand le miroir s'incline devant un objet, l'image fait une fois plus de chemin, que quand c'est l'objet qui s'incline devant le miroir. L'homme dont je viens de parler, par exemple, verroit son image parcourir un demi-cercle au lieu d'un quart, si se tenant debout au bord d'un miroir placé horizontalement, il le faisoit relever entiérement devant lui. Supposez que cet homme soit dans la ligne *F G*, *fig.* 10, et que le miroir soit *a b*, sa tête paroîtra en *e*, et ses pieds en *g* ; par conséquent l'image et l'objet seront dans le diametre vertical du demi-cercle *E b e*. Que le miroir s'éleve en faisant seulement un angle de 45 degrés au pied de l'objet, comme dans la *fig.* 11, alors on verra l'homme dans le rayon horizontal *a e* ; et par conséquent son image aura parcouru

un quart de cercle, par le mouvement angulaire du miroir qui n'aura été que de 45 degrés; c'est par cette raison que quand on transporte un miroir, le moindre mouvement qu'on lui fait faire, paroît beaucoup plus grand, à en juger par celui des images qu'on apperçoit derriere. Les reflets de lumiere qui se font par une piece d'eau, font toujours des mouvements très-sensibles, quoique l'eau paroisse n'en avoir presque point : et les télescopes de réflexion sont plus difficiles que les autres à manier, pour ceux qui n'en ont point acquis l'habitude, parce que le moindre mouvement qu'on donne aux miroirs faisant faire un grand chemin à l'image que l'on cherche, la rend plus difficile à saisir, ou la fait perdre aisément quand on la tient.

Les miroirs plans ont encore la propriété de conserver aux images des figures parfaitement conformes à celles des objets; et toujours par la raison que la distance *a g*, *fig.* 8, est égale à *a c* : car si vous appliquez cette regle à tous les points *E*, *F*, *G*, etc., des *fig.* 10 et 11, vous verrez que

XVI. LEÇON.

ec, étant égal à cE, fd à dF, gh à hG, etc., il est de toute nécessité que e, f, g, se trouvent dans une ligne droite, comme E, F, G; et conséquemment si la partie F de l'objet se trouvoit hors de la ligne Ea, le point correspondant f, seroit vu aussi plus près ou plus loin que la ligne ae: en un mot, la figure n'étant autre chose que l'arrangement des parties, et les miroirs plans rendant des images dont les parties sont arrangées comme celles de l'objet, on peut dire en toute sûreté, qu'ils conservent aux images des figures conformes à celles des objets : et que quand cela n'arrive pas, c'est que le miroir n'est point parfaitement droit en tout sens.

L'image qu'on apperçoit dans un miroir peut servir d'objet elle-même, et se voir une seconde fois dans un autre miroir; et si celui-ci est placé de façon à la renvoyer sur le premier, elle peut être apperçue un grand nombre de fois dans le même : c'est ce que l'on fait tous les jours dans un appartement où l'on suspend un lustre entre deux glaces, élevées parallélement

parallélement l'une vis-à-vis de l'autre; mais comme l'image qui sert d'objet, est plus éloignée du miroir que l'objet même, elle doit aussi paroître plus loin derriere que la premiere image, et ainsi des autres : voilà pourquoi, dans l'exemple que je viens de citer, il paroît tant de lustres les uns après les autres dans le même alignement. Les plus éloignées de ces images sont aussi les plus foibles, parce que dans chaque réflexion il y a toujours une partie des rayons qui s'éteignent ou qui se dispersent ; ce qui fait que les dernieres sont formées avec une moindre quantité de lumiere, et qu'elles ont l'air d'être plus effacées.

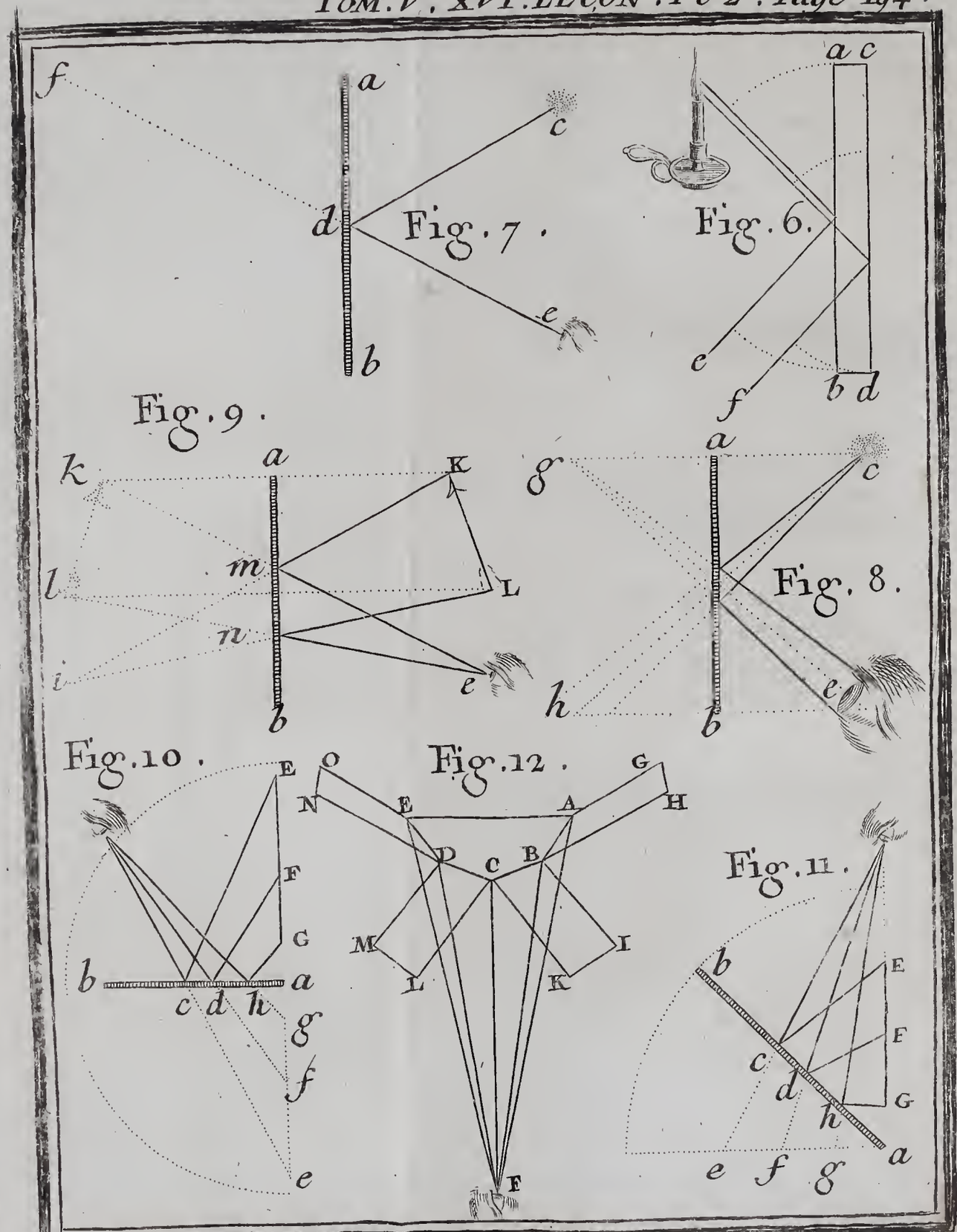
XVI. LEÇON.

On fait par curiosité des miroirs à plusieurs faces planes, prismatiques et pyramidaux, dont la propriété est de rassembler dans une seule image et sans interruption, plusieurs objets ou plusieurs parties d'un même dessin, dispersés et séparés par des espaces vuides, ou remplis par d'autres figures qui ne se représentent point dans le miroir. Ces effets ne seront pas difficiles à expliquer pour quiconque

XVI. LEÇON.

aura bien compris ce que j'ai dit précédemment touchant les miroirs droits. Supposons, par exemple, qu'il y ait quatre faces réfléchissantes élevées perpendiculairement autour d'une base telle que *ABCDE*, *fig.* 12. Il est évident que l'œil placé à une certaine distance, comme *F*, et élevé d'un pied ou environ au-dessus du plan qui porte le miroir, appercevra par les rayons réfléchis *AF*, *BF*, *GF*, *DF*, et semblables, tout ce qui sera dessiné dans les espaces *ABGH*, *BCIK*, *etc.*, et que tout ce qui ne s'y trouvera pas renfermé ne se verra point dans le miroir, si l'œil ne se porte ni à droite ni à gauche; ce qui donne la liberté de remplir d'objets étrangers au dessin, les espaces *HBI*, *KCL*, *MDN*, et de déguiser par ce moyen la figure dont le miroir doit représenter l'image, et dont les parties sont séparées par ces triangles.

Il en est à peu près de même d'un miroir pyramidal, dont les faces sont des plans triangulaires : autant il y a de côtés à la base, *fig.* 13, autant on observe sur le carton de triangles dans lesquels on renferme toutes les


f
a
c
d
e
b
Fig. 7.
a c
e
f
b d
Fig. 6.
Fig. 9.
k
a
K
l
m
L
n
i
e
b
g
a
c
h
e
b
Fig. 8.
Fig. 10.
E
F
G
b
a
c d h
g
f
e
Fig. 12.
O
G
N
E
A
H
D
C
B
M
I
L
K
F
Fig. 11.
b
E
F
c
d
G
h
a
e f g

Gobin. Sc.

parties du dessin, que le miroir doit rassembler et faire voir à l'œil, qui se place pour cela dans l'axe prolongé de la pyramide, afin de pouvoir découvrir toutes les faces réfléchissantes. Ce qui se trouve dessiné dans les plaques *A*, *B*, *C*, *D*, se voit dans les parties correspondantes de la base *a*, *b*, *c*, *d*, et cette image ne comprend rien de tout ce qu'on peut avoir mis en *E*, *F*, *G*, *H*, pour interrompre le dessin et empêcher qu'on n'apperçoive les rapports que ses parties ont entr'elles.

Il est à propos d'observer que les rayons réfléchis *gG*, *hG*, *iG*, font voir les points *ABC*, *fig.* 14, dans un ordre tout-à-fait opposé à celui qu'ils ont sur le carton, comme on le peut voir par les parties correspondantes de l'image *a*, *b*, *c*; et comme c'est la même chose pour tous les triangles, on voit qu'il faut que toutes les parties de la figure qui sont renfermées dans chacun d'eux soient placées à contre-sens, afin que l'image apperçue dans le miroir représente son objet au naturel : c'est encore une raison pour laquelle on a tant de peine à

XVI. LEÇON.

deviner ce que portent ces cartons, quand on les regarde sans l'aide du miroir.

Voilà les principaux effets des miroirs plans : passons à ceux des miroirs courbes, qui sont convexes.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence sont réfléchis par un miroir convexe.

V. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Dans cette expérience et dans les deux suivantes, on se sert encore du grand cercle représenté par la *fig.* 2 ; mais au lieu du miroir plan, on met en *CD* le miroir convexe, et l'on y fait tomber deux rayons convergents, de la même maniere que dans la IVe expérience.

EFFETS.

Les deux rayons réfléchis, au lieu de ne former qu'un point lumineux en se réunissant sur le chassis *B*, y

marquent deux images distinctes ; ce qui montre bien clairement, que leur convergence n'est pas aussi grande qu'elle étoit avant qu'ils eussent touché le miroir.

CINQUIEME CAS.

Si des rayons qui tombent paralleles entre eux sont réfléchis par un miroir convexe.

VI. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Le miroir convexe restant en place, il faut opérer comme dans la IIe expérience, après avoir ôté le verre qui couvre le diaphragme en *A*.

EFFETS.

Les deux rayons réfléchis deviennent divergents entr'eux, ce que l'on apperçoit, tant par leur écartement, qui augmente toujours depuis le miroir jusqu'au chassis *B*, que par la distance réciproque des images, qui est considérablement plus grande que celle des trous, par où passent les rayons en *A*.

XVI. LEÇON.

SIXIEME CAS.

Si des rayons divergents sont réfléchis par un miroir convexe.

VII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On fait diverger les rayons incidents de la même maniere, et par le même moyen que dans la IIIe expérience, en laissant toujours le miroir convexe en place.

EFFETS.

Après la réflexion, les deux cercles lumineux sont plus distants l'un de l'autre sur le chassis transparent, qu'ils ne le sont, lorsque le miroir étant ôté, ils arrivent directement vers *E*; ce qui montre qu'ils sont plus divergents étant réfléchis, qu'ils ne le sont dans leur incidence.

EXPLICATION.

Comme nous avons représenté le miroir plan par une ligne droite, celui des trois dernieres expériences peut

être exprimé par une courbe, dont la convexité se présente aux rayons incidents : or une ligne courbe, comme je l'ai déjà dit en plusieurs endroits de cet ouvrage, est un assemblage de lignes droites infiniment courtes et insensiblement inclinées entr'elles. Pour en raisonner d'une maniere plus commode et plus facile à comprendre, faisons ces éléments d'une grandeur sensible, ainsi que leurs degrés d'inclinaison, et l'on verra bientôt pourquoi les rayons réfléchis par un miroir convexe, ne gardent plus entr'eux le même ordre, ni la même position qu'ils avoient dans le temps qu'ils venoient au miroir ; car chacun d'eux faisant son angle de réflexion égal à celui de son incidence, et les parties du miroir qui se suivent immédiatement étant plus inclinées pour un des rayons incidents que pour celui qui le devance ou qui le suit, il doit arriver le plus souvent, que les rayons réfléchis s'approchent ou s'écartent les uns des autres plus qu'auparavant ; et c'est le dernier de ces deux effets qui a lieu quand la lumiere tombe sur l'extérieur de la courbure, formée par les parties

XVI. LEÇON.

XVI. LEÇON.

réfléchissantes ; ainsi les rayons paralleles *ab*, *cd*, *fig.* 15, en frappant les parties *d* et *b* du miroir, et faisant les angles de réflexion *ebf*, et *hdi*, égaux à ceux d'incidence *abg*, et *cdk*, deviennent divergents et vont aboutir aux points *eh*.

On voit de même, en jettant les yeux sur les *fig.* 16 et 17, que la même regle étant observée, les rayons qui auroient leur point de convergence en *m*, après la réflexion, ne se réunissent plus qu'en *l* ; et que ceux dont la divergence seroit à peine sensible à la distance *m*, prennent un écartement beaucoup plus grand vers *l*, qui désigne un pareil degré d'éloignement.

Le miroir dont nous avons fait usage dans les dernieres expériences, n'a qu'une simple courbure, et cela suffit, quand on ne considere que les rayons de la lumiere qui sont dans un même plan : mais il est aisé de voir que ce qui en résulte peut s'appliquer à des miroirs d'une courbure uniforme dans tous les sens, tels que sont, par exemple, les miroirs sphériques convexes ; car comme

chaque faisceau de rayons cylindrique ou pyramidal, coupé suivant la longueur de son axe, peut fournir une infinité de plans, tous les filets de lumiere qui se trouveront dans ces plans aboutiront toujours sur le miroir, dans une ligne dont on pourra dire tout ce que nous avons remarqué par rapport aux points *d*, *b*, etc. des *fig.* 16 et 17.

On doit donc regarder comme des faits certains : 1°. Que tous les miroirs de cette espece, petits ou grands, diminuent pour le moins la convergence des rayons qui tendent à se réunir.

2°. Qu'ils rendent divergents ceux qui ne sont que paralleles.

3°. Qu'ils augmentent la divergence de ceux qui en avoient déjà avant que d'être réfléchis ; et ces effets immédiats en occasionnent plusieurs autres qui ont rapport, soit à la production de la chaleur, soit à la vision des objets ; je vais en rapporter quelques-uns.

XVI. LEÇON.

APPLICATIONS.

L'on emploieroit inutilement les miroirs convexes pour augmenter la chaleur qui vient des rayons solaires : car la lumiere de cet astre étant naturellement presque parallele à elle-même, bien loin de devenir convergente, comme il faudroit qu'elle le fût pour acquérir plus de force, ne peut que diverger et se raréfier, lorsqu'elle est réfléchie par de telles surfaces.

Comme les planetes qui nous renvoient les rayons du soleil sont sphériques, ou à peu près, la lumiere qui nous en vient ne peut être que fort affoiblie, non seulement parce qu'elle fait un plus long trajet en passant de sa source à ces corps célestes, et de ces corps jusqu'à notre globe, mais encore parce qu'il n'y en a qu'une partie de réfléchie vers nous, et que ce qui nous en arrive est très-raréfié, par la divergence que lui donne la sphéricité des surfaces réfléchissantes. M. Bouguer prétend, d'après des expériences qu'il a faites avec soin, que la lumiere

de la pleine-lune, à sa moyenne distance de la terre, est trois cens mille fois plus rare que celle du soleil : c'est pour cela sans doute qu'elle ne produit aucune chaleur sensible, lors même qu'on la rassemble par le moyen des miroirs. Car quand on parviendroit à la condenser autant qu'elle a été raréfiée par le corps sphérique qui nous la renvoie, ce qui seroit difficile à exécuter, elle auroit toujours bien moins de force, que quand elle vient directement du soleil à nous, à cause du grand nombre de rayons qui s'absorbent, qui se détournent ou qui s'éteignent, soit en touchant le corps qui doit les réfléchir, soit en traversant l'atmosphere terrestre.

C'est un fait certain et connu de tous les voyageurs, que sur le sommet des hautes montagnes, la chaleur du soleil se fait beaucoup moins sentir que dans les gorges ou dans les plaines basses ; il y fait toujours froid. Parmi les causes qui contribuent à cet effet, on peut légitimement compter la divergence des rayons de lumiere considérablement augmentée par la figure arrondie du terrein : car, comme je

XVI. LEÇON.

l'ai déjà remarqué ailleurs *, la chaleur qu'on éprouve à la surface de la terre, vient non seulement des rayons directs du soleil, mais aussi des rayons réfléchis : ceux-ci étant raréfiés ou dispersés par la maniere dont ils rejaillissent, l'effet total doit être moindre.

* *Tome IV, pag.* 534.

Les miroirs convexes, comme ceux qui sont plans, font toujours voir l'image derriere la surface réfléchissante et dans une situation conforme à celle de l'objet ; mais au lieu que dans ceux-ci, le point de réflexion se trouve à égales distances entre l'une et l'autre, dans ceux-là l'image est rapprochée à proportion de la convexité plus ou moins grande : cette différence vient de ce que la divergence naturelle des rayons qui partent de chaque point visible de l'objet, se trouve augmentée après la réflexion, comme nous l'avons vu par la VIIe expérience ; ce qui rapproche immanquablement de l'œil leur point de réunion, auquel nous rapportons la partie de l'objet dont ces rayons nous tracent l'image : voyez la *fig.* 18, et comparez-la avec la 8e.

Un autre effet par lequel les miroirs convexes different des miroirs droits, c'est qu'ils rendent l'image toujours plus petite que son objet, et cela d'autant plus que celui-ci s'éloigne davantage de la surface réfléchissante : on en appercevra la raison si l'on considere un peu les conséquences que doit avoir la Ve expérience, par laquelle nous avons fait voir, que des rayons convergents dans leur incidence, le sont toujours moins après avoir été réfléchis par une surface convexe : car c'est pour cela que les deux rayons *Ce*, *Dd*, *fig.* 19, se réunissent plus loin, qu'ils n'auroient fait sans la rencontre du miroir *a b* ; et par cette nouvelle disposition, ils font voir l'image sous un angle plus petit que celui sous lequel on eût vu l'objet en le regardant directement du point *f*.

Si le même objet s'éloigne davantage du miroir, les rayons incidents *c e*, *d d*, devenant par-là moins convergents, se réuniront après la réflexion encore plus loin que dans le premier cas ; ce qui fera voir l'image sous l'angle *e g d*, plus petit que *e i d*.

XVI. LEÇON.

Il faut remarquer que quand un miroir convexe diminue la convergence des rayons qu'il réfléchit, c'est le moindre effet qu'il puisse produire ; car il peut arriver, soit par une plus grande convexité du miroir, soit par une moindre convergence des rayons qui tombent dessus, que ceux-ci, après la réflexion, se trouvent paralleles, ou même divergents, et tous ceux à qui cela arrive, ne peuvent plus se croiser dans l'œil, ni par conséquent concourir à y former l'image de ce que l'on cherche à voir. Rendons ceci plus intelligible par une figure.

Soit *a b*, *fig.* 20, un miroir convexe faisant partie d'une sphere dont le centre seroit en *c*. Si des deux extrémités *d*, *e*, d'un objet, vous conduisez des rayons divergents qui occupent les deux espaces *a f*, *b f*, en faisant les angles de réflexion égaux à ceux d'incidence, vous trouverez : 1°. Que les rayons *d h*, *e i*, qui tendent au centre de la sphéricité, se réfléchissent sur eux-mêmes ; puisqu'étant comme des rayons prolongés de la sphere dont le miroir fait partie, ils ne sont ni plus, ni moins inclinés vers *a*

Fig. 15

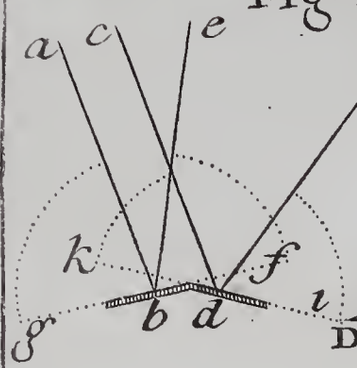


Fig. 14.

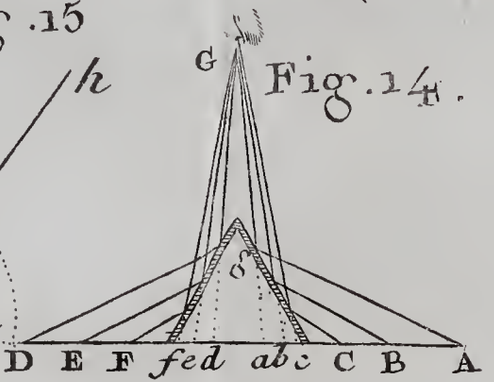


Fig. 13.

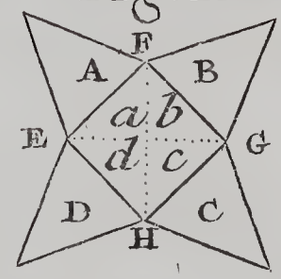


Fig. 16.

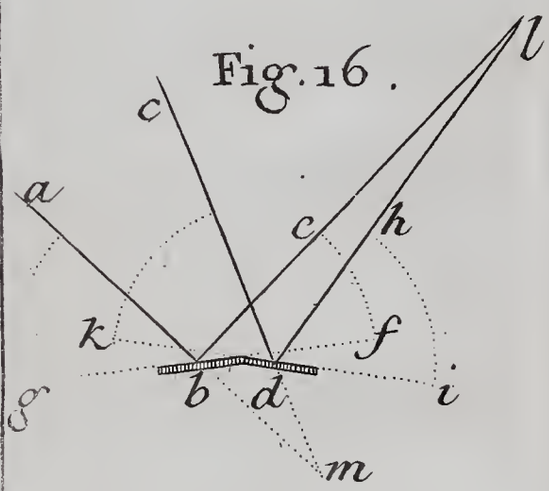


Fig. 17.

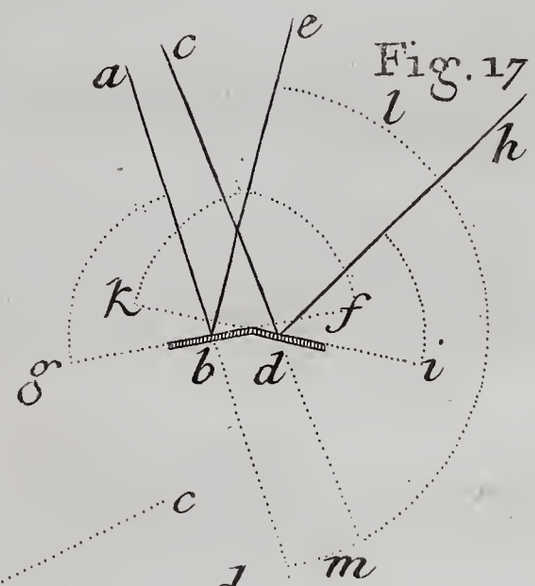


Fig. 19.

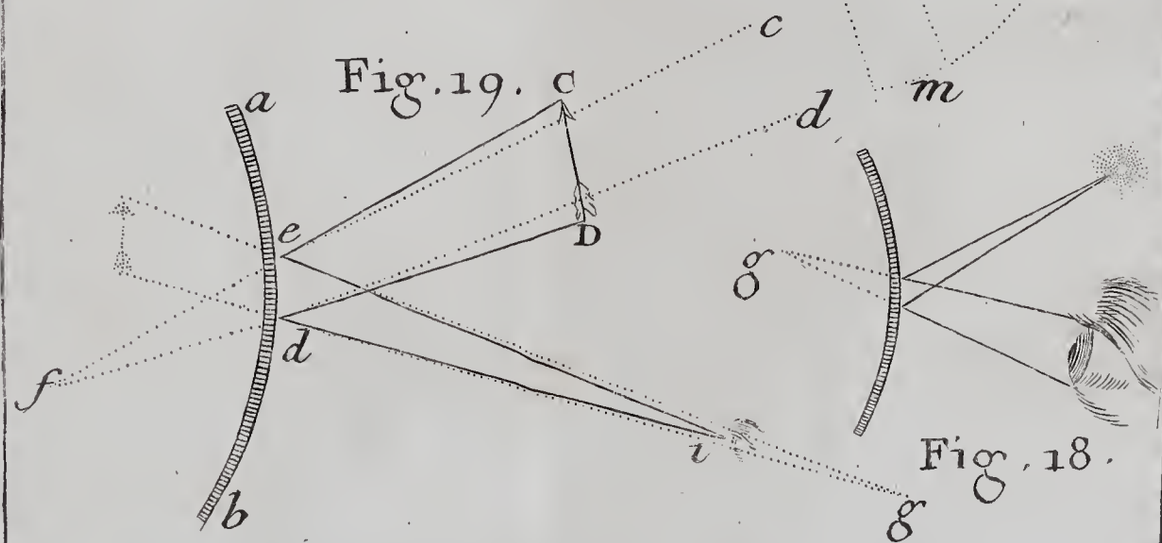


Fig. 18.

Gobin. Sc.

ou vers b, que vers f. Ces rayons sont donc fort divergents entr'eux, et fort éloignés de se joindre en quelqu'endroit que ce soit. 2°. Cet effet sera encore plus remarquable dans les rayons réfléchis par les parties ah et bi, comme on peut s'en assurer par la seule inspection de la figure. 3°. L'on reconnoîtra que depuis h jusqu'en k, et dans la partie correspondante depuis i jusqu'en l, les rayons réfléchis perdent peu à peu cette divergence, et qu'ils deviennent enfin paralleles : ce qui ne suffit point encore pour faire entrer dans l'œil des rayons venant des deux extrémités apposées d, e, ou ce qui est la même chose, pour faire voir l'objet en entier. 4°. Mais à compter exclusivement des points k et l, où les rayons incidents tendent en m, qui est le quart du diametre de la sphéricité, la lumiere réfléchie converge sur l'axe prolongé fg : par-tout où l'œil se trouvera placé dans cette ligne, il verra l'objet entier dans la partie kl du miroir, et il le verra sous des angles de plus en plus petits, à mesure qu'il s'éloignera davantage du miroir, en se plaçant successivement en n, en g, etc.

XVI. LEÇON.

Un objet d'une certaine grandeur, et dont les dimensions sont droites, se représente dans un miroir convexe, sur une figure différente de celle qu'il a; parce que n'ayant point toutes ces parties à égales distances de la surface réfléchissante, et chacune d'elles se représentant derriere le miroir dans un degré d'éloignement proportionnel à celui qu'elle a par sa position devant le miroir, il est de toute nécessité que l'image du point *o* paroisse plus près que celle des points *d*, *e*, et que cette ligne qui est droite ait l'apparence d'une courbe : un miroir convexe ne peut rendre les images conformes aux objets, que quand ceux-ci se présentent avec des surfaces paralleles à sa courbure.

Si les miroirs dont nous parlons, sont infideles par rapport aux figures des objets qu'ils nous représentent, on peut leur reprocher encore de rendre avec peu d'exactitude les mouvements qui se passent devant eux, et l'un est une suite nécessaire de l'autre ; car un corps qui se meut devant un miroir ne fait que se présenter successivement dans différents

lieux : si en passant de l'un à l'autre, il parcourt des lignes ou des surfaces qui ne soient point paralleles à la courbure du miroir, comme cela arrive le plus souvent, ce corps, par les raisons que je viens d'alléguer, aura dans le miroir des apparences successives, dont la suite ne répondra pas exactement à celles des positions qu'il aura prises réellement.

On voit, par expérience, la vérité de tout ce que je viens de remarquer au sujet des miroirs convexes, en arrêtant la vue sur un bouton d'or ou d'argent bien bruni, sur une boîte de montre, etc., on y voit son visage, comme dans une miniature : on l'y voit dans sa situation naturelle, et fort près derriere la surface réfléchissante ; mais rarement le voit-on dessiné correctement, et les mouvements de cette image ne répondent pas non plus bien exactement à ceux qu'on lui donne à imiter : cela vient, sans doute, des irrégularités de ces petits miroirs destinés à briller, plutôt qu'à représenter des images ; mais quand ils seroient taillés pour ce dernier effet, ils auroient toujours dans les cas ordinaires

XVI. LEÇON.

les imperfections que j'ai remarquées ci-dessus.

Cependant, quand l'objet est loin du miroir, que le miroir a beaucoup de largeur et peu de convexité, les images ne se défigurent pas sensiblement; le dessinateur, ou le peintre qui veut s'en aider, pour réduire un tableau du grand au petit, ne laisse pas que d'en tirer un parti assez avantageux.

On voit dans les cabinets des curieux certaines glaces qui sont bien droites, à l'extérieur, et qui font très-sensiblement l'effet des miroirs convexes. Assez souvent le même morceau présente plusieurs de ces petits miroirs qui paroissent bombés, et qui font en cela une illusion dont on ne se désabuse que par le tact : En effet, la surface antérieure de la glace est plane dans toute son étendue ; mais l'autre est creusée en portions de sphere concave, et enduite de vif-argent et d'étain. Cet enduit métallique sur lequel se fait la plus grande réflexion de la lumiere, en s'appliquant dans les creux, forme des miroirs convexes du côté des objets et

du spectateur, et en produit tous les effets. Voyons maintenant ceux des miroirs concaves.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles sont réfléchis par un miroir concave.

VIII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Cette expérience doit se préparer comme la seconde, excepté qu'au lieu du miroir plan, on met en *CD* celui qui est concave, *fig.* 2.

EFFETS.

Les deux rayons, après avoir touché le miroir, deviennent convergents entr'eux, et ne font plus qu'une très-petite image lumineuse, sur le papier du chassis *B*.

XVI. LEÇON.

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergents entr'eux sont réfléchis par un miroir concave.

IX. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Laissez l'appareil tel qu'il étoit dans la derniere expérience, et ajoutez sur le diaphragme en *A* le verre lenticulaire de la IVe.

EFFETS.

Les deux rayons incidents dont le point de convergence est en *E*, (ce qu'on peut aisément reconnoître, en ôtant le miroir pour les laisser passer) se réunissent après la réflexion, et se croisent dans l'espace qui est entre le miroir et le chassis *B*; c'est-à-dire, que leur convergence est augmentée considérablement.

NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence sont réfléchis par un miroir concave.

X. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Répétez tout ce qui a été fait dans la IIe expérience, en employant toujours le miroir concave, au lieu du miroir droit.

EFFETS.

Les deux rayons réfléchis marquent sur le chassis *B'*, deux images bien plus rapprochées l'une de l'autre, qu'elles ne l'étoient sur le même chassis abaissé en *E*, lorsqu'en ôtant le miroir, on y laissoit aller les deux rayons incidents ; ce qui montre que la réflexion causée par le miroir a beaucoup diminué la divergence qu'avoient les rayons avant d'y arriver.

De ces dernieres expériences, il résulte trois vérités fondamentales. 1°. Que par la réflexion qui se fait de la lumiere sur les miroirs concaves, les rayons convergents dans leur incidence le deviennent davantage.

XVI. LEÇON.

2°. Que les rayons paralleles sont rendus convergents.

3°. Que ceux qui tombent divergents le deviennent moins, et qu'ils peuvent devenir paralleles, ou convergents.

EXPLICATION.

* P. 199. Après ce que j'ai dit * pour expliquer les effets des miroirs convexes, nous devons regarder les éléments des concaves comme de petites faces planes, inclinées les unes vers les autres, de même que les lignes *a c, bc, fig.* 21. Les rayons qui tombent dessus, faisant sur chacune d'elles des angles de réflexion égaux à ceux de leur incidence, doivent de toute nécessité se rapprocher l'une de l'autre: voilà pourquoi, dans la VIIIe expérience, les rayons réfléchis sont devenus convergents de paralleles qu'ils étoient. Le parallélisme est comme le point de partage entre la convergence et la divergence, pour peu que les rayons sortent de cette espece d'équilibre, en s'inclinant les uns vers les autres, il faut nécessairement qu'ils commencent à converger vers un point de réunion.

L'effet essentiel et remarquable du miroir concave étant donc de rapprocher

les uns des autres les rayons de lumiere qu'il réfléchit, on voit tout d'un coup, et sans autre explication, pourquoi les rayons de la IXe expérience sont devenus plus convergents qu'ils n'étoient, et comment ceux de la Xe ont perdu une partie de leur divergence. XVI. Leçon.

Mais puisque ces effets dépendent principalement de l'inclinaison respective des parties du miroir, plus sa courbure sera grande, plus on doit s'attendre qu'il condensera la lumiere, ou qu'il la rassemblera dans un plus petit espace; et comme la réflexion a toujours un rapport constant avec l'incidence, il est certain que les rayons réfléchis par un miroir concave d'une courbure déterminée, se rassemblent d'autant plus, qu'ils en étoient moins éloignés, ou qu'ils y étoient plus disposés en arrivant à la surface réfléchissante: ainsi, toutes choses égales d'ailleurs, les rayons qui convergent le plus avant que de toucher le miroir, sont ceux qui se réunissent le plus près de lui après l'avoir touché; et ceux qui divergent le moins dans leur incidence, sont les plus propres à devenir paralleles ou convergents par la réflexion.

Quand un miroir concave rend les

XVI. LEÇON.

rayons convergents, l'endroit où ils se rassemblent s'appelle *foyer*; et suivant ma derniere remarque, ce foyer n'est pas le même pour toutes sortes de rayons incidents.

Si les rayons tombent paralleles, comme *ab*, *de*, *fig.* 22, sur un miroir sphérique concave, en observant que les angles de réflexion soient égaux à ceux d'incidence, on trouve qu'ils se rassemblent dans un petit espace (*a*) en *F*; c'est-à-dire, à une distance du miroir, qui est le quart du diametre de sa sphéricité.

Des rayons qui tomberoient convergents, comme *fg*, *hi*, sur le même miroir, auroient leur foyer plus près, en *K*, par exemple; et tels qui seroient divergents, comme *lm*, *no*, avant d'être réfléchis, auroient leur point de convergence en *P*; c'est-à-dire, plus loin du miroir que le foyer des rayons paralleles.

(*a*) Je dis dans un petit espace, et non dans un point, parce que la courbure sphérique n'est pas celle qu'il faudroit pour faire coincider exactement tous les rayons réfléchis; cela n'arrive qu'à ceux qui sont le plus près de l'axe du miroir.

APPLICATIONS.

APPLICATIONS.

La Physique considere dans l'usage des miroirs concaves deux sortes d'effets. Les uns consistent à rassembler dans un petit espace des rayons de feu ou de lumiere, au point d'échauffer considérablement, de brûler, de fondre, de calciner les corps les plus compacts et les plus durs: les autres concernent les apparences des objets que ces miroirs nous représentent. J'ai déjà parlé des premiers, et je crois avoir dit sur cela ce qu'il y a de plus essentiel à savoir, en traitant des différentes manieres d'exciter le feu, dans la XIIIe Leçon: j'ajouterai seulement ici un fait qui est très-curieux et très-propre à confirmer ce que j'ai prouvé dans les dernieres expériences.

Si l'on éleve verticalement et parallélement entr'eux, deux miroirs sphériques concaves, de 15 à 18 pouces de diametre, et d'une telle courbure que le point de réunion des rayons qui tombent paralleles, soit à 12 ou 15 pouces de sa surface réfléchissante, un charbon bien ardent, placé au foyer de l'un de ces miroirs, allume de l'amadou ou de

XVI. LEÇON.

la poudre à canon au foyer de l'autre, y eût-il 25 ou 30 pieds de distance entre les deux.

Cette belle expérience n'exige pas des miroirs bien parfaits : M. Varinge, qui tenoit cette expérience des Jésuites de Prague, et de qui nous l'avons reçue, n'employoit pour cela que des miroirs de bois dorés (*a*). Je la répete depuis 30 ans avec des cartons argentés et brunis, de 18 pouces de diametre, et dont la surface concave fait partie d'une sphere creuse de 2 pieds de rayons. Je me suis apperçu cependant qu'un enduit de feuilles d'or est préférable à celui d'ar-

(*a*) Le Pere Zahn, dans son *Oculus artificialis*, p. 753, dit qu'un homme digne de foi lui avoit dit avoir vu à Vienne deux miroirs sphériques concaves qui faisoient cet effet étant placés à 20 pieds de distance l'un de l'autre. Le P. Cavalier, dans son traité *delle settione coniche*, *cap*. 27, dit qu'il a mis des charbons ardents au foyer d'un miroir sphérique de plomb, et que les rayons s'étant réfléchis parallélement, il les avoit réunis ensuite avec un miroir concave formé en cône parabolique tronqué, de façon que le foyer se trouvoit derriere le miroir dans la partie tronquée, et que par ce moyen il avoit mis le feu à des matieres combustibles.

gent, non seulement parce qu'il se conserve mieux, mais aussi parce qu'il réfléchit plus puissamment les rayons de feu.

Mais ce qu'il y a d'essentiel à observer pour le succès de l'expérience, c'est qu'il faut exciter par un souffle égal, le charbon du côté qui regarde le miroir dont il occupe le foyer ; et pour cela M. Dufay se servoit très-ingénieusement de la vapeur dilatée d'un éolipyle, dont le col étoit un peu plus long que d'ordinaire, afin que le corps du vaisseau et le réchaud sur lequel il étoit posé, étant plus bas que le bord inférieur du miroir, n'empêchassent point les rayons de feu de parvenir à cette partie de la surface réfléchissante. Au lieu de cela, je me sers assez commodément d'un soufflet à double ame, dont je fais entrer le bout dans un tuyau de fer blanc qui est fixé dans un trou pratiqué au centre de mon miroir, et qui va aboutir à deux pouces du charbon. Je dois dire encore qu'il est plus aisé de réussir dans l'obscurité qu'en plein jour, et qu'il est bon qu'il y ait une personne à chaque miroir, l'une pour exciter le feu bien également et sans interruption, l'autre pour tenir le corps combustible dans

le vrai foyer, au moment où il paroît le plus ardent.

XVI. LEÇON.

Après ce que j'ai dit dans la derniere explication touchant la maniere dont se forment les foyers des miroirs concaves, l'explication du fait que je viens de rapporter se présente d'elle-même ; car puisque les rayons paralleles *a b*, *d e*, *fig.* 22, deviennent convergents en *F*, en vertu des angles de réflexion égaux à ceux d'incidence ; réciproquement et par la même raison, tous les rayons qui comme *Fb*, *Fe*, viennent au miroir d'un point radieux placé en *F*, doivent se réfléchir parallélement entr'eux, et c'est ce qui arrive à ceux du charbon ardent.

Ensuite, quand ce faisceau de rayons paralleles vient à rencontrer un semblable miroir, il est réfléchi une seconde fois ; et tous les filets qui le composent, devenus convergents, se rassemblent dans le petit espace où est placé l'amadou, et y font naître une chaleur capable de l'allumer.

En supposant que le charbon soit placé bien exactement au foyer du premier miroir, et que par-là les rayons réfléchis soient bien paralleles,

cette expérience pourroit réussir à des distances beaucoup plus grandes que celle de 25 ou 30 pieds; puisque le second miroir, à quelque éloignement qu'on le mît, recevroit toujours la même quantité de rayons qui seroient renvoyés par le premier; mais la masse d'air qui se trouve interposée, y cause nécessairement un déchet, et par cette raison les miroirs ne peuvent être écartés l'un de l'autre que d'une certaine quantité, qui doit varier selon la beauté et la grandeur des miroirs, la quantité et l'activité du feu qu'on emploie, l'état actuel de l'atmosphere, etc. M. Dufay, avec des miroirs de plâtre dorés, de 20 pouces de diametre, enflammoit de l'amadou à 50 pieds de distance.

Les mirois plans et ceux qui sont convexes, nous font toujours voir l'image de l'objet derriere la surface réfléchissante; c'est-à-dire, qu'ils se trouvent entre cette image et l'œil du spectateur : il n'en est pas de même des miroirs concaves; ils ne produisent cet effet que dans certains cas, lorsque l'objet est placé devant eux à une distance qui n'égale point le

XVI. LEÇON.

quart du diametre de leur sphéricité ; c'est-à-dire, plus près que le point *F*, *fig.* 23. Dans les autres cas, l'image sort, pour ainsi dire, du miroir, et s'avance plus ou moins, suivant l'éloignement de l'objet à la surface réfléchissante.

Pour bien entendre ceci, et ce qui suivra, il est à propos de se rappeler deux principes qui ont été établis dans l'article précédent ; savoir : 1°. Que chaque point éclairé d'un objet nous devient visible par un faisceau de rayons divergents, par une pyramide de lumiere, dont la base est égale à l'ouverture de la prunelle de l'œil ; de sorte que si les filets ou rayons qui forment cette pyramide, par quelque cause que ce puisse être, au lieu de divergents qu'ils sont naturellement, se présentent ou paralleles, ou convergents, nous cessons de voir distinctement le point éclairé d'où ils procedent (*a*). J'en dirai les raisons, lorsque j'expliquerai les parties de l'œil et leurs fonctions. 2°. Que

(*a*) Ceci doit s'entendre des vues ordinaires, et non pas de celles des presbytes, dont il sera parlé dans la suite.

nous ne saurions voir un objet entier, à moins que des extrémités opposées de ses dimensions il ne se fasse vers l'œil un concours de ces faisceaux ou pyramides dont je viens de parler. Quand il arrive, par quelque moyen que ce soit, que ces rayons perdent cette tendance commune qu'ils ont vers l'œil, jusqu'au point de devenir seulement paralleles entr'eux, la vision alors ne peut plus se faire que très-imparfaitement.

Cela posé, si l'on considere maintenant que le foyer des rayons paralleles est en *F*, et qu'il faut par conséquent que le point radieux *Z* se trouve plus près du miroir, pour que les rayons réfléchis vers l'œil conservent ce degré de divergence dont je viens de rappeler la nécessité, on sentira tout-d'un-coup, comment il tient à cette derniere condition que nous n'appercevions l'image derriere le miroir, puisque c'est par elle que les rayons réfléchis ont derriere la surface réfléchissante un point de réunion *a*, où nous rapporterons le point radieux ou visible de l'objet.

Et comme par les grandeurs res-

XVI. LEÇON.

pectives du miroir et de l'objet, il arrive que l'œil placé en certains endroits ne peut plus recevoir en même-temps des rayons de tous les points éclairés, cela fait quelquefois que l'objet ne nous est pas représenté en entier.

Lorsque le point radieux est entre le quart et la moitié du diametre de la sphéricité du miroir, entre *F* et *C*, les rayons réfléchis *b E*, *d E*, deviennent convergents et se croisent plus loin que le point *C*, en *E*, par exemple, ou plus loin, en s'écartant du miroir, si le point radieux s'approche davantage du point *F*, comme je l'ai observé dans l'explication des dernieres expériences. Or l'image se peint par-tout où ces rayons se réunissent, et cela se peut prouver par le fait; il n'y a qu'à la recevoir sur un carton blanc exposé à cette distance.

Mais si l'on veut recevoir cette image immédiatement dans l'œil, ce n'est point en *E* qu'il le faut placer, c'est au-delà, à telle distance où les rayons croisés ayent repris le degré de divergence nécessaire; c'est pour cela qu'une personne qui essaie de

voir l'image de sa main entre elle et le miroir concave, ne l'apperçoit bien distinctement, qu'en écartant beaucoup sa tête de l'endroit où se fait la représentation, dans le cas où l'objet et son image se touchent. En pareilles circonstances, l'expérience réussit mieux avec une épée nue qu'on porte en avant, et c'est encore par la même raison.

Toutes les fois que nous voyons ainsi l'image en-deçà du miroir, elle est renversée; parce que les faisceaux de rayons qui partent des parties opposées de l'objet, ne peuvent plus converger à l'œil, qu'après s'être croisés entre l'objet et le miroir; c'est-à-dire, que d'un nombre infini de pareilles pyramides de lumiere qui procedent, par exemple, des points *A* et *B*, *fig.* 24; et dont les unes se croisent, à différentes distances, et d'autres ne se croisent point, l'œil, dans le cas dont il s'agit, ne peut plus recevoir en même-temps que de celles qui ont souffert cette croisure : or la pyramide incidente *A E*, portant après la réflexion l'image du point *A* en *a*, où se réunissent ses pro-

XVI. LEÇON.

pres rayons, et la pyramide *B G*, par une conséquence nécessaire, peignant *B* en *b*, l'image se trouve à contre-sens de l'objet, et l'œil placé au-delà, en la recevant, la voit dans cette situation.

Soit que l'œil reçoive cette image par les rayons directs *a H*, *b H*, soit que placé du côté du miroir, il l'apperçoive par réflexion sur un carton blanc, dans ce dernier cas comme dans le premier, elle est toujours renversée, parce que les rayons réfléchis du carton à l'œil ne se croisent point en chemin.

Nous avons remarqué précédemment, que le miroir convexe fait voir l'image plus petite et plus près qu'elle ne paroît par un miroir plan; le miroir concave differe aussi de ce dernier, mais par des effets tout opposés: car lorsque l'image est vue derriere la surface réfléchissante, elle en paroît plus éloignée que l'objet ne l'est par-devant, et nous la voyons toujours amplifiée. La premiere de ces deux apparences vient de ce que les rayons qui partent de chaque point de l'objet, perdent une partie

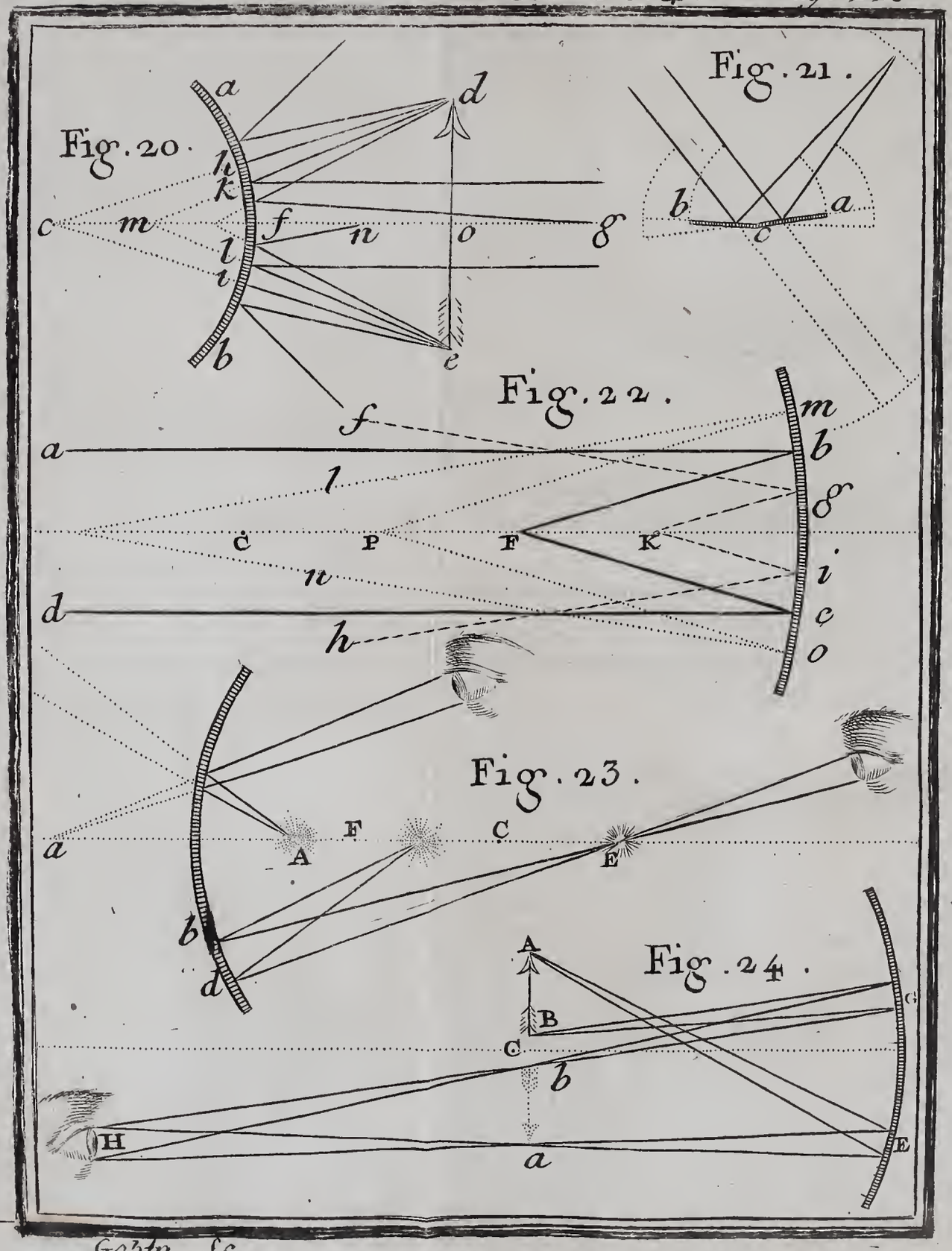


Fig. 20.
a
d
h
k
c
m
f
n
o
g
l
i
b
e
Fig. 21.
b
a
c
Fig. 22.
f
m
a
b
l
g
C
P
F
K
i
n
d
c
h
o
Fig. 23.
a
F
C
A
E
b
d
Fig. 24.
A
B
C
b
H
a
E

Gobin. Sc.

de leur divergence par la réflexion du miroir, comme on le peut voir en comparant l'écartement que les rayons auroient à la distance *d*, *fig.* 25, s'ils n'avoient pas rencontré le miroir, avec celui qu'ils ont dans l'œil après la réflexion : ce qui fait que leur point de réunion *a*, où est l'image du point *A*, se trouve derriere la surface réfléchissante, bien plus éloigné que l'objet ne l'est par-devant, et il en est de même de tous les autres points à proportion; ce qui rend la situation de l'image conforme à celle du corps qu'elle représente.

Quant à la grandeur de l'image, elle est augmentée, parce que, comme je l'ai observé plus haut, et prouvé par la IXe expérience, des rayons qui sont un peu convergents dans leur incidence, le deviennent davantage étant réfléchis par un miroir concave ; ainsi les axes des deux pyramides *A e*, *B f*, lesquels par leur convergence naturelle tendent à se réunir en *d*, et feroient voir directement l'objet sous l'angle *A d B*, représentent son image sous l'angle *a D b*, qui est beaucoup plus grand, à cause de leur réflexion par le

XVI. LEÇON.

miroir concave, laquelle rapproche de beaucoup leur point de convergence.

Un miroir concave qui a peu de courbure, rend assez fidélement la figure d'un petit objet; mais il n'en est pas de même s'il est bien creux relativement à son diametre, ou que l'objet soit grand : car, pour l'ordinaire, les dimensions de celui-ci n'étant point paralleles à la surface réfléchissante, et les points visibles se représentant à des distances proportionnées au degré d'éloignement qu'ils ont devant le miroir, il est de toute nécessité, que l'image qui résulte de toutes ces représentations particulieres, fasse voir dans des lignes courbes, ce qui se présente au miroir dans des lignes droites, ou, ce qui est la même chose, que la figure apparente ne soit pas conforme à la figure réelle de l'objet.

On fait des miroirs concaves de verre comme on en fait de convexes, en prenant un morceau de glace un peu épais, dont on laisse une des faces droites, et qu'on travaille de l'autre côté pour la rendre convexe; on étame

ensuite cette derniere surface, en y appliquant une feuille d'étain avivée de mercure, comme on fait aux glaces ordinaires. Cet enduit prenant une forme concave du côté du verre qui le reçoit, a toutes les propriétés des miroirs dont je viens de parler en dernier lieu; à cela près, que l'épaisseur du verre étant fort grande au milieu et bien moindre dans les autres endroits, cause du déchet à la lumiere, et quelques irrégularités dans ses mouvements.

On en fait de plus réguliers et de plus grands avec des morceaux de glace arrondis circulairement, auxquels on fait prendre une forme convenable en les mettant à plat sur un moule sphériquement concave, dans un four fait exprès, et que l'on chauffe jusqu'à ce que la glace amollie se soit exactement appliquée au creux préparé dessous pour la recevoir. Cet art a commencé en Angleterre : on me fit voir à Londres, il y a trente ans, des glaces courbées de cette maniere, qui avoient deux pieds de diametre; peu de temps après, on m'en fit de pareilles à notre manufacture

XVI. LEÇON.

de Saint-Gobin (*a*) : on en courbe à présent de plus grandes, tant en Angleterre qu'en France. M. de Buffon en montra une, il y a quelque temps, à l'Académie des Sciences, dont le diametre étoit de trois pieds, et qui avoit été préparée au Jardin Royal.

Ce qu'il y a de plus difficile dans la construction de ces miroirs concaves que l'on fait avec des glaces, surtout lorsqu'ils sont grands et d'une courbure un peu forte, c'est de mettre au tain la surface convexe, de maniere qu'il n'y ait point de taches, ni de fautes considérables : ce n'est point ici le lieu d'entrer sur cela dans une explication détaillée : je dirai seulement en gros, comment s'y prennent les ouvriers Anglois, qui ont bien voulu m'en faire confidence, car c'en étoit une alors.

On prend un grand morceau de treillis fort, ou doublé autant qu'il

(*a*) Ces glaces furent courbées alors par M. de Perrieres, contrôleur de la manufacture : depuis ce temps-là, M. de Romilly, qui a été directeur de la même manufacture, en a courbé de plus grandes.

en est besoin; on l'arrondit et l'on en forme un grand cercle, qui doit avoir environ deux fois autant de diametre que la glace qu'on veut étamer; on fait tout autour un fort ourlet, et l'on y attache de 2 pouces en 2 pouces des cordons, par le moyen desquels on le tend médiocrement dans un chassis circulaire, ou seulement octogone, placé horizontalement et soutenu à la hauteur ordinaire d'une table; on étend sur ce treillis la feuille d'étain que l'on avive de mercure, suivant la pratique usitée, et l'on pose dessus le côté convexe de la glace, laquelle faisant plier par son propre poids, ou par celui qu'on y ajoute, la toile et l'enduit dont elle est couverte, s'y applique exactement, et de maniere que l'air et ce qu'il y a de mercure de trop remonte de soi-même vers les bords, à mesure que la glace s'enfonce (*a*).

XVI. LEÇON.

(*a*) Depuis plusieurs années M. de Bernier, cité ci dessus, met au tain toutes sortes de miroirs et de glaces, sans distinction de grandeur ni de figure, par le moyen d'un amalgame dont il s'est réservé le secret, en le déposant néanmoins au Greffe de l'Académie Royale

XVI. LEÇON.

Ces miroirs ont sur ceux de métal deux avantages considérables : ils réfléchissent plus de rayons de lumiere, et sont par-là capables de plus grands effets, tant pour former des foyers brûlants, que pour rendre vivement les images des objets : en second lieu, ils conservent mieux leur poli et le brillant de leur surface, ce qui n'oblige point à des réparations qui peuvent à la longue altérer la figure du miroir et la rendre irréguliere. Cette derniere considération avoit déterminé Newton à construire avec du verre les miroirs de son télescope de réflexion; mais quelque peine qu'il prît pour en trouver et pour en faire goûter les moyens, les ouvriers ont rencontré tant de difficultés dans l'exécution, qu'ils y ont renoncé : toute leur application aujourd'hui est d'employer un métal assez serré pour recevoir un beau poli, et tellement composé, que sa surface bien travaillée ne se ternisse qu'au bout d'un temps fort long.

des Sciences, afin que cette belle découverte ne coure point le risque d'être perdue, s'il mouroit avant que de la révéler au Public.

Les grands miroirs de métal ont aussi sur ceux de verre quelques raisons de préférence ; ils sont moins casuels ; et comme les deux surfaces peuvent se polir également, la même piece fournit deux miroirs, l'un concave, l'autre convexe de la même grandeur. XVI. LEÇON.

Quand il ne s'agit que de rassembler les rayons solaires dans un petit espace, pour y faire naître un degré de chaleur très-considérable, on peut former des miroirs concaves avec plusieurs petits miroirs plans ajustés dans un chassis et inclinés entr'eux d'une maniere convenable, comme je l'ai fait connoître dans la XIIIe Leçon : mais pour les effets d'optique dont nous avons fait mention en dernier lieu, il faut absolument une concavité égale et uniforme, que les parties qui la composent soient des facettes si petites, que l'œil ne puisse distinguer l'étendue de chacune d'elles, et que de l'une à l'autre l'inclinaison soit absolument insensible. Sans ces conditions, au lieu d'une seule image, il s'en forme autant qu'il y a de petits miroirs plans ; ou si chacun d'eux n'est point assez grand pour

XVI. LEÇON.

représenter l'image en entier, il se fait autant d'images tronquées, qu'il y a de pieces au miroir.

En regardant le creux d'une cuillere neuve, l'intérieur d'une boîte de montre ou de quelque vaisseau de métal dont la surface soit propre à réfléchir beaucoup de lumiere, si l'on apperçoit son visage renversé ou quelqu'autre des effets qui ont rapport à nos trois dernieres expériences, c'est que toutes ces surfaces réfléchissantes sont autant de miroirs concaves, irréguliers pour la plupart, mais qui ne laissent pas que de faire en gros, ce qu'une courbure plus conforme aux régles produiroit avec exactitude.

REMARQUES

Sur les miroirs mixtes.

J'appelle *miroir mixte*, celui qui est droit dans un sens, et courbé dans l'autre, soit que la courbure se présente par la convexité ou par la concavité : tels sont les miroirs coniques et ceux qui sont des parties de cylindres coupés parallélement à l'axe

Ce sont des instruments de pure curiosité, par le moyen desquels on forme des images qui rappellent à l'esprit un objet qu'on est surpris de ne pas trouver devant le miroir, ou par lesquels on rend méconnoissable dans sa représentation, un objet connu qui s'y trouve exposé. Tout le monde connoît ces cartons peints, sur lesquels on voit des figures qu'on a peine à deviner, et qui se reconnoissent tout-d'un coup et avec surprise, quand on y applique le miroir qui leur convient; on sait aussi, qu'en regardant son visage dans ces sortes de miroirs, on apperçoit ses traits dans un désordre fort étrange.

XVI. LEÇON.

Pour se rendre raison de ces effets et de quelques autres que nous remarquerons encore, il faut considérer, que ces miroirs étant droits dans une de leurs dimensions, dans leur hauteur, par exemple, tout ce qui s'y passe de bas en haut, doit être tout-à-fait conforme à ce que nous avons enseigné, touchant les miroirs plans que nous avons toujours représentés par des lignes droites. Ensuite, on doit faire attention

XVI. LEÇON. que toutes ces lignes droites qu'on peut concevoir de bas en haut, n'étant pas rangées dans un même plan, mais formant une surface courbe dans sa largeur, tout ce qui se passe à l'égard de cette derniere dimension, doit s'expliquer comme les effets des miroirs concaves ou convexes, que nous avons représentés par des lignes circulaires.

Supposons donc premiérement, que *F G*, *fig.* 26, soit le miroir cylindrique considéré suivant sa hauteur seulement, et que *A E*, soit un objet divisé en plusieurs parties selon sa longueur : puisque *F G* est un miroir droit, ou qu'on doit le regarder comme tel, les points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, de l'image, doivent être à pareilles distances les uns des autres, comme *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, le sont dans l'objet, pour les raisons que j'ai alléguées page 183, et que j'ai fait entendre par les *fig.* 7, 8 et 9; c'est-à-dire, que ce que l'on voit dans un miroir cylindrique convexe ne change point de figure dans sa hauteur, ou, pour parler plus exactement, dans celle de ses dimensions, qui se pré-

sente perpendiculairement à la surface du miroir considérée de bas en haut.

Secondement, si l'on considere ce qui se passe dans la largeur *q t y* du miroir, *fig.* 27, on doit penser que les rayons incidents *A q*, *L r*, *M s*, *N t*, etc., étant réfléchis vers *Z* où est l'œil, font voir les parties du dessin *A*, *L*, *M*, *N*, etc.; dans l'espace *a f*, et qu'il doit arriver la même chose à tous les points visibles qui seront dans les autres lignes concentriques à la surface du miroir, *BQG*, *CRH*, etc.; d'où il est aisé de comprendre, que si ces parties ainsi resserrées représentent au naturel l'objet dont elles forment l'image, il faut nécessairement que dans le dessin, elles soient étendues de maniere à rendre ce même objet méconnoissable; telle est une figure humaine qui ayant de la tête aux pieds la longueur *N S*, occupe en largeur l'espace *L N P*, ou quelque chose de plus.

Par une conséquence nécessaire, une figure bien proportionnée qui se présente devant un tel miroir, doit

XVI. LEÇON.

produire une image tout-à-fait difforme, puisqu'il est indispensable que l'une de ses dimensions se représente dans un espace beaucoup plus petit que celui qu'elle occupe dans l'objet. Voilà pourquoi l'on se voit un visage écrasé avec une bouche extrêmement grande, quand on tient l'axe du miroir cylindrique parallélement à la position des deux yeux.

Si *F G*, *fig.* 26, étoit un miroir plan d'une largeur sensible, tous les points *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, seroient vus infailliblement dans la ligne *a*, *e*; c'est-à-dire, dans une position horizontale, le miroir étant élevé, comme on le suppose, verticalement : avec le miroir cylindrique, ce qui est dessiné par le carton placé horizontalement, paroît élevé à peu près comme *e g*; cela vient de ce que les pyramides de lumiere qui arrivent des parties *A*, *B*, *C*, *D*, etc., du dessin au miroir, y touchent non par un seul point, comme nous l'avons supposé, en ne faisant attention qu'aux axes de ces pyramides, mais un espace sensible qui doit être considéré comme un petit miroir convexe, puisqu'il est

courbe suivant sa largeur. Or, tout miroir convexe, comme je l'ai fait voir, rapproche les images vers l'œil, en augmentant la divergence des rayons qui forment les pyramides de lumiere; ainsi le point *A*, au lieu d'être vu en *a*, paroît en *g*, et ainsi des autres.

On peut encore remarquer dans l'usage du miroir cylindrique, que la dimension *a e* de l'image augmente à mesure que l'œil s'éleve davantage au-dessus du carton, sur lequel est dessiné la figure; c'est qu'alors l'angle visuel devient moins aigu, comme on le peut voir en supposant l'œil placé en *K*: et l'on sait par ce que j'ai enseigné ailleurs, que la grandeur apparente de tout ce que nous voyons, se régle naturellement sur l'ouverture plus ou moins grande des angles visuels.

Le miroir conique est encore une combinaison du miroir droit avec le convexe: mais il s'y joint des circonstances qui rendent les effets très-différents de ceux du cylindre. Premiérement, comme toutes les lignes droites de la surface réfléchissante

XVI. LEÇON.

sont inclinées entr'elles, et qu'elles ont un point commun de réunion au-dessus du plan qui porte la figure dessinée, le miroir placé au centre d'un carton circulaire en peut faire voir toute l'étendue à quiconque met l'œil directement et à une distance convenable au-dessus de la pointe du cône; car les rayons qui partent des points *A*, *B*, *C*, *fig.* 28, après avoir touché le miroir en *g*, *h*, *i*, se réfléchissent vers le spectateur, et lui font voir les parties du dessin dans la base du cône. La même chose se passe dans la partie opposée à l'égard des points *D*, *E*, *F*; de sorte que tout ce qui est tracé dans un espace circulaire, dont on ne voit ici que la moitié *ACGHFD*, se représente dans le cercle dont le diametre est *c f*.

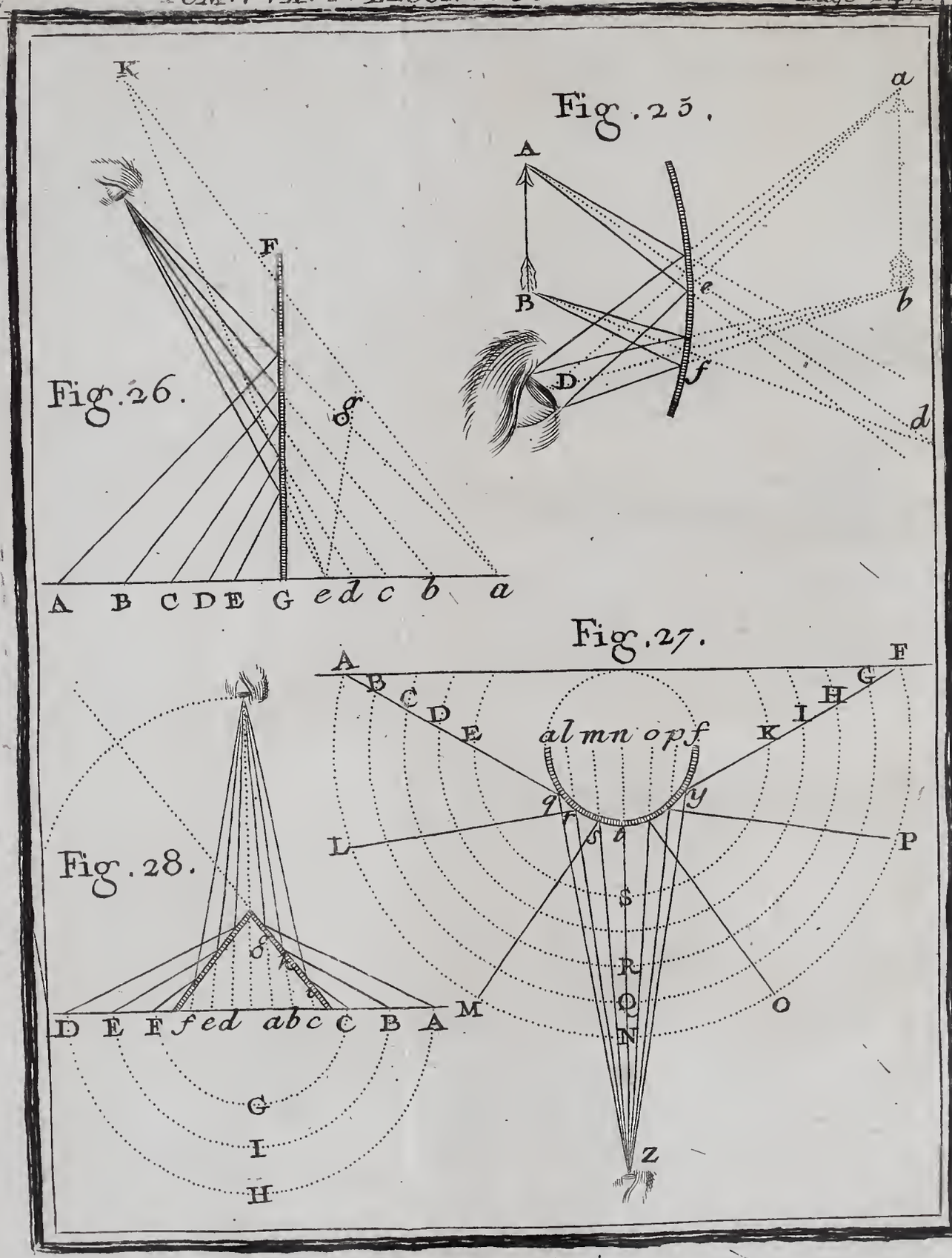
L'image par conséquent est beaucoup plus petite que l'objet, et bien plus près de l'œil qu'elle ne seroit, si le miroir étoit purement droit. La surface du miroir conique étant comme celle du cylindrique, composée dans son pourtour de lignes circulaires paralleles à la base, chaque endroit

endroit sur lequel tombe un faisceau de rayons, le modifie comme un miroir convexe, dont la propriété est de diminuer la grandeur des images, et de les approcher de l'œil ; et parce que deux miroirs plans inclinés l'un vers l'autre, comme les deux lignes *c g*, *f g*, feroient voir *a b c*, et *d*, *e*, *f*, dans un ordre directement opposé à celui des parties *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, de l'objet représenté, quand on regarde sur la pointe d'un miroir conique, on doit s'attendre de trouver au centre de l'image ce qui est dessiné dans la circonférence extérieure *A H D* du carton, et les extrémités de cette même image composée des parties *C*, *G*, *F*, etc.

Mais ce que cette espèce de miroir a de particulier, c'est que sa courbure va toujours en augmentant, depuis la base jusqu'au sommet ; et c'est une seconde circonstance qui mérite attention, parce qu'elle contribue plus que toute autre à rendre l'image différente de l'objet qui la fait naître. Les parties du dessin se représentant à contre-sens dans le miroir, celles qui sont les plus éloignées l'une de l'autre sur

XVI. LEÇON.

le carton sont les plus rapprochées dans la représentation : en un mot, tout ce que porte le cercle AHD, etc., se rassemble, pour ainsi dire, dans un point; BIE, etc., est moins resserré, et CGF, etc., occupe la circonférence extérieure de l'image : on voit par-là, que si les parties de cette image se montrent dans un ordre, et avec des distances convenables, pour représenter un objet connu, il faut qu'elles aient dans le dessin des positions contraires, et des disproportions de grandeur, d'où il résulte un tout qu'on ne reconnoît point; et cet effet du miroir, qui rend à l'image ce que le dessin n'a pas, vient de ce que les parties les plus écartées A, H, D, tombent sur une zone du miroir où la courbure est la plus forte, et qui faisant l'office d'un miroir très-convexe, les resserre plus que les autres. Les décroissements de cette courbure, depuis la pointe jusqu'à la base du cône, étant dans un rapport convenable avec la diminution des cercles concentriques, sur lesquels les différentes parties du dessin se trouvent placées, il arrive de-là que ces mêmes


K
F
g
A B C D E G e d c b a
Fig. 26.
Fig. 25.
a
A
B
e
b
D
f
d
Fig. 27.
A
B C D E
a l m n o p f
F
G H I K
q r s t u
y
L
P
M
O
$ R O N
Z
Fig. 28.
D E F f e d a b c C B A
G
I
H

parties reçoivent dans l'image un arrangement régulier, et tel qu'il leur faut pour représenter correctement un certain objet. XVI. LEÇON.

Par une suite nécessaire de tout ce que je viens de dire touchant le miroir conique, les parties d'un objet ou d'un dessin régulier doivent s'y représenter dans un ordre renversé, et avec des disproportions et des distances et des grandeurs qui le rendent tout-à-fait difforme. Un homme, par exemple, y voit son visage avec une bouche qui fait tout le tour de l'image, tandis que les oreilles diminuées à l'excès, sont adossées l'une à l'autre près du centre.

Les miroirs, tant cylindriques que coniques, sont ordinairement convexes : on en pourroit faire de concaves, et on expliqueroit de même leurs effets, en démêlant ce qui dépend des propriétés du miroir droit, d'avec ce qui appartient au miroir sphérique concave, dont nous avons parlé ci-dessus ; et en général, comme les miroirs mixtes ne peuvent être composés que de lignes droites dans un sens, et de lignes courbes dans l'autre,

XVI LEÇON.

quand bien même ces courbes ne seroient pas des arcs de cercle, en partant de ce premier principe, que *la lumiere se réfléchit faisant son angle de réflexion égal à celui de son incidence*, on viendroit toujours à bout de voir l'influence, ou la part que ces courbes pourroient avoir dans l'effet total.

ARTICLE III.

De la Lumiere réfractée, ou des principes de la Dioptrique.

La réfraction de la lumiere, comme je l'ai déjà annoncé au commencement de l'article précédent, est une déviation que ses rayons souffrent dans certains cas, en passant d'un milieu dans un autre. Les anciens ont remarqué cet effet ; mais ils ne l'ont point approfondi, parce qu'ils n'en sentoient pas l'importance, et parce qu'ils ne le pouvoient guere avec les idées qu'ils s'étoient faites de la propagation de la lumiere et de la vision des objets. L'invention des lunettes, à laquelle la théorie des réfractions nous auroit conduits immanquablement, si le ha-

sard n'eût été plus prompt à nous servir, fit connoître aux mathématiciens, et sur-tout aux astronomes, combien il étoit nécessaire d'étudier ce phénomene, et d'en déterminer les loix : on peut dire que ce n'est que depuis cette époque qu'on s'y est appliqué avec un véritable succès. Suellius profitant et des expériences et des conjectures de Képler, a fort avancé ces recherches ; et Descartes y a mis, pour ainsi dire, la derniere main : Son Traité de Dioptrique est un chef-d'œuvre, eu égard au temps dans lequel il a paru.

La réfraction dont il s'agit ici ne s'observe que dans les milieux transparents, c'est-à-dire, dans ceux que la lumiere pénetre, en conservant l'action par laquelle elle se rend visible elle-même, et nous fait voir les autres corps ; et comme il peut arriver qu'un rayon se divise après être entré, et que plusieurs de ses parties se jettent à droite ou à gauche sans aucun ordre, nous n'aurons égard qu'à celles qui demeureront unies, et qui auront conservé un mouvement régulier dans le milieu réfringent.

XVI. LEÇON.

Je regarde les milieux transparents, solides ou fluides, comme des masses, dont les pores réguliérement alignés dans toutes sortes de directions, sont pleins de ce fluide subtil que nous avons nommé jusqu'à présent *matiere de la lumiere*. Lorsque de tels corps sont entiérement plongés dans d'autres milieux transparents comme eux, quoique de nature différente, je conçois que la lumiere extérieure animée par un astre, ou par quelque corps enflammé, communique son action à celle du dedans, qui la transmet à son tour jusqu'à la surface opposée, à peu près comme le son passe d'un côté à l'autre d'un bois, sans que l'air sonore qui est entre les arbres se déplace : ainsi, je le répete encore, quand je dirai qu'un rayon *passe* de l'air dans l'eau, dans le verre, etc., qu'il *se plie*, qu'il *se détourne*, qu'il *se réfracte*, qu'il *s'approche*, qu'il *s'éloigne*, tout cela doit s'entendre, non d'une translation réelle de la matiere même de la lumiere, mais du progrès de son action, ou de ses changements de directions.

La lumiere se réfracte dans ces

deux circonstances réunies ; savoir, quand elle passe d'un milieu dans un autre plus ou moins dense, et que sa direction est oblique au plan qui sépare les deux milieux ; c'est-à-dire, qu'avec quelque direction que ce fût, le rayon de lumiere ne souffriroit aucune réfraction, si sortant de l'air, par exemple, il entroit dans une matiere diaphane qui ne fût, ni moins, ni plus pénétrable pour lui que ce fluide ; et que quand bien même il y auroit une différence de pénétrabilité entre les deux milieux, le rayon de lumiere les traverseroit en droite ligne, si lorsqu'il sort de l'un il tomboit perpendiculairement sur la surface de l'autre. On remarquera que la lumiere a cela de commun avec tous les corps, si l'on se rappelle ce que j'ai enseigné touchant la réfraction en général, en traitant des loix du mouvement. *

* III Leçon, t. I, p. 262 et suiv.

On ne sait pas bien encore quelle est la vrai cause de la réfraction de la lumiere : les physiciens sont fort partagés sur cette question ; mais on en connoît assez bien les loix, et c'est ce qu'il nous importe le plus

XVI. LEÇON.

d'apprendre, parce que ce sont des faits qui servent de fondement à la Drioptrique, et d'où dérivent toutes les explications dont nous aurons besoin dans cette partie. L'expérience suivante nous les mettra sous les yeux.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATIONS.

Il faut avoir une platine quarrée de bois ou de métal bien dressée, peinte en blanc, et de telle grandeur qu'on puisse y tracer en noir un cercle de 20 pouces de diametre, ou environ, avec les lignes et les divisions qu'on voit dans la *fig.* 1. Il faut de plus, qu'il y ait aux quatre angles des vis à oreilles qui en traversent l'épaisseur, et par le moyen desquelles on puisse l'affermir, et la mettre de niveau sur une table en forme de guéridon, qui se hausse et se baisse à volonté, et qui tourne horizontalement sur un pivot, *fig.* 2.

On place cet appareil dans une chambre obscure, où par le moyen d'un miroir plan de métal, placé en dehors de la fenêtre, on fait entrer

avec une direction horizontale, des rayons solaires par une ouverture de 3 pouces de haut, sur un de large, pratiquée au volet. XVI. Leçon.

Cette lumiere est reçue d'abord sur une platine verticale de cuivre mince, placé à la circonférence du grand cercle, et qui a une ouverture un peu moins longue et moins large que celle du volet, pour diminuer un peu le jet de lumiere. Cette platine est représentée séparément par la *fig.* 3.

Comme la table, avec tout ce qu'elle porte, peut se mouvoir en tournant horizontalement, et que la platine verticale change de place autant qu'on le veut, sur la circonférence du cercle, il est aisé de conduire le jet de lumiere successivement par tous les rayons du quart de cercle *O C P*.

f g h, *fig.* 4, est une caisse longue de 10 pouces, et qui en a 4, tant en hauteur qu'en largeur; elle est entiérement ouverte par en haut; ses quatre côtés sont faits avec des lames de cuivre, et le fond est une glace transparente qui tient avec du mastic. Au tiers de sa longueur, le

XVI. LEÇON.

côté *g h* a une ouverture, tout-à-fait semblable à celle de la platine verticale ; et afin que la caisse puisse contenir de l'eau, cette ouverture est couverte d'un morceau de verre mince attaché avec du ciment.

Enfin, la *fig.* 5 représente un quarré de crystal très-pur et sans bouillon, dont les côtés bien plans et bien paralleles entr'eux, ont chacun 3 pouces de long ; et l'épaisseur du morceau est d'environ 2 pouces.

Ces deux dernieres pieces se placent l'une après l'autre dans le demi-cercle *O p R*, de maniere que le côté *g h* soit sur la ligne *O R*, et que la ligne *i k* tombe directement sur le point *C*. Quand on se sert de la caisse, on l'emplit d'eau bien claire jusqu'à la moitié de sa hauteur, et l'on regarde perpendiculairement par-dessus, pour reconnoître l'endroit où répond le rayon de lumiere sur le quart de cercle *C p R*.

EFFETS.

1°. Si le jet de lumiere dirigé comme *A C* rencontre l'ouverture *i k* de la caisse, il se divise en deux parties, dont l'une passe au-dessus de la sur-

face de l'eau, et arrive en B, en suivant sa premiere direction ; l'autre se plonge dans l'eau et s'incline en entrant vers la ligne Cp, qui est perpendiculaire au côté gh.

2°. On voit arriver le même effet, lorsque le rayon tombe moins obliquement sur gh, comme par les lignes DC, EC, à cela près qu'il est moins grand ; c'est-à-dire, que le rayon rompu paroît moins écarté de sa premiere direction : et ce même effet devient absolument nul, quand le rayon tombe perpendiculairement, comme PC ; car alors le jet de lumiere ne se divise plus ; la partie qui passe dans l'air, comme celle qui traverse l'eau, suivent également la direction Cp.

3°. Les choses se passent de même, quand on substitue le quarré de verre à la caisse qui contient de l'eau : ce qu'on remarque de plus, c'est que la réfraction que souffre la lumiere en entrant dans le verre, est plus forte dans tous les cas où elle a lieu, que dans l'eau pure.

4°. Mais quoique la réfraction soit moins grande, à mesure que le rayon incident devient moins oblique à la

XVI. LEÇON.

surface du milieu réfringent, on trouve toujours un rapport constant entre l'angle aCp et celui d'incidence ACP. Ce rapport se connoît par la comparaison des lignes ad et Ae, qui sont les sinus des angles de réfraction et d'incidence, et que l'on peut voir à travers de l'eau et de la glace qui fait le fond de la caisse. L'expérience montre que la première est à la seconde dans la proportion de 3 à 4, quand le milieu réfringent est de l'eau commune, et à peu près comme 2 à 3 quand c'est du verre, et que dans l'un ou l'autre cas le rayon incident vient de l'air (*a*).

5°. Un rayon réfracté en *a* ou en tout autre endroit, et renvoyé en *C* par un miroir plan ou par quelqu'autre moyen, ne continue point cette route en ligne droite, mais il s'écarte de la perpendiculaire PC, et

(*a*) Il ne faut prendre ces proportions que comme des à-peu-près : je les donnerai d'une maniere plus exacte, quand je parlerai de la décomposition de la lumiere et des différents degrés de réfrangibilité et de ses rayons.

retourne précisément en *A*, d'où il étoit parti d'abord : ce qui a lieu dans tous les cas.

Loi de la réfraction de la lumiere.

Nous pouvons déduire des résultats de notre expérience, les propositions suivantes, que nous regarderons dorénavant comme des loix ou comme des points fixes, sur lesquels nous appuyerons tout ce que nous avons à dire touchant les effets de la lumiere réfractée.

Ire LOI. Les rayons de la lumiere se réfractent toujours, lorsqu'ils passent obliquement d'un milieu dans un autre, qui est d'une densité ou d'une nature différente.

IIe LOI. Quand la lumiere se réfracte en pasant d'un milieu rare dans un milieu plus dense (*a*), l'angle de la

(*a*) Cette Loi souffre des exceptions. La plupart des matieres grasses ou sulfureuses qui sont transparentes, réfractent la lumiere plus fortement qu'on ne devroit s'y attendre, si l'on n'avoit égard qu'à leur densité. Il y a en elles deux causes de réfraction, l'une qui tient à leur densité, l'autre qui dépend de leur nature particuliere : celle-ci peut suppléer d'une

XVI. LEÇON.

réfraction est plus petit que l'angle d'incidence, et réciproquement, etc.

IIIe LOI. Quoique la réfraction de la lumiere devienne plus ou moins grande, soit par le degré d'obliquité de l'incidence du rayon, soit par la nature du milieu réfringent, les sinus des deux angles, de réfraction et d'incidence, demeurent toujours en rapport constant.

IVe LOI. La réfraction, non plus que la réflexion, n'altere pas sensiblement l'activité de la lumiere, puisqu'un rayon réfracté, qu'on oblige à retourner sur lui-même, reprend, en

maniere surabondante à ce que l'autre ne peut pas faire ou produire une juste compensation; de-là il peut arriver que la lumiere, en passant d'un milieu rare dans un milieu plus dense, fasse son angle de réfraction plus grand que celui de son incidence, ou qu'elle les fasse tous deux égaux; c'est-à-dire, qu'elle ne se réfracte point: on pourroit même en citer des exemples, ce qui est contraire à la loi générale; mais comme cette loi est vraie dans les cas les plus ordinaires, et sur-tout pour les corps dans lesquels il nous importe le plus de suivre les mouvements de la lumiere, nous regarderons toujours la proposition générale comme un principe de Dioptrique.

sortant du milieu réfringent, la direction qu'il avoit dans son incidence, comme on l'a vu par le cinquieme résultat, et comme on peut s'en assurer encore davantage, en multipliant cette épreuve sur le même rayon.

Ve Loi. Le rayon réfracté et le rayon incident se trouvent toujours dans un même plan, lequel est perpendiculaire à la surface du milieu réfringent.

EXPLICATIONS.

En regardant les résultats qu'on vient de voir comme des loix ou comme des principes tirés immédiatement de l'expérience, je pourrois me dispenser d'en chercher les raisons, sans que cela fît tort aux vérités que j'ai dessein d'en déduire : mais pour satisfaire le Lecteur curieux de savoir ce que l'on a pensé à ce sujet, plutôt que par l'espérance de l'éclairer à fond, je crois devoir rapporter en gros les opinions des plus habiles physiciens de partis opposés.

Descartes considérant que la réfraction de la lumiere se fait communément en sens contraire de celle

XVI. LEÇON.

des autres corps ; et sachant, à n'en pas douter, qu'une balle de mousquet lancée obliquement de l'air dans l'eau, ne fait son angle de réfraction plus grand que celui de son incidence, que parce qu'à la superficie du milieu le plus dense, son mouvement du haut en bas est plus retardé que celui qu'elle a pour s'avancer parallélement à cette même surface, fit ce raisonnement : « Puis-» qu'une balle de métal ou tout » autre corps semblable venant en C, » *fig.* 6, se réfracte en s'approchant » de *C d*, parce que l'eau dans la-» quelle elle entre résiste plus que » l'air d'où elle sort, au mouve-» ment qu'elle a pour descendre ; un » rayon de lumiere qui, dans les mê-» mes circonstances se plie vers *C P*, » doit nous porter à croire que » l'eau lui fait moins de résistance » que l'air ». Ce philosophe voyant encore que la réfraction de la lumiere étoit plus grande dans le verre que dans l'eau, conclut tout de suite et en général, que plus la densité des corps transparents étoit grande, plus la lumiere y exerçoit ses mouve-

ments avec liberté ; en quoi, sans doute, il se pressa un peu trop, ne prévoyant pas les exceptions qui se sont trouvées depuis, et dont j'ai fait mention dans la derniere note.

Cette supposition, toute conséquente qu'elle étoit, révolta dès-lors bien des esprits ; et encore aujourd'hui, il y a peu de personnes qui ne sentent de la répugnance à l'admettre, parce que ne connoissant pas l'état intérieur des corps diaphanes, ni de quelle maniere au juste ils reçoivent et transmettent l'action de la lumiere, on raisonne d'après les exemples et des comparaisons pleines de disparités ; car aucun autre fluide n'est comparable à la lumiere, et la transparence des corps à travers lesquels elle passe, est tout-à-fait différente de ce qu'on nomme *perméabilité* dans ceux qui sont opaques.

Voici, selon moi, ce que cette opinion a de plus fort contr'elle, c'est le préjugé où l'on est, qu'un corps ne peut jamais offrir des passages plus libres à une matiere étrangere, quand les vuides qui sont entre ses parties

XVI. LEÇON.

propres, décroissent de nombre ou de grandeur, comme il arrive dans le cas d'une plus grande densité.

Mais ce préjugé, quelque puissant qu'il soit, peut-il tenir contre des faits évidents ? N'est-il pas démontré que l'action de la lumiere sortant de l'air s'accélere en pénétrant dans l'eau, quand on voit qu'elle n'emploie pour passer de *C* en *a*, que le temps qu'elle eût mis à parcourir *C B*, si elle eût continué de traverser de l'air ? D'ailleurs une plus grande transparence, n'est-elle pas le signe infaillible d'une plus grande perméabilité, par rapport à la lumiere ? Dans nombre d'occasions, cependant, nous voyons qu'un corps, pour être plus dense qu'un autre, n'en est pas moins propre à laisser passer la lumiere : il n'y a qu'à comparer à cet égard un diamant d'une belle eau, avec un morceau de verre de même épaisseur, on verra sûrement que celui-ci, quoique plus poreux, puisqu'il est spécifiquement plus léger, n'est jamais d'une transparence aussi parfaite.

Mais pourquoi l'eau plus dense

que l'air est-elle plus pénétrable à la lumiere ?

Descartes répond : C'est qu'une masse d'air est composée de parties rameuses, moins propres à laisser entr'elles des passages en droites lignes, que celles de l'eau qui ont des surfaces lisses et une figure avec laquelle elles s'arrangent de telle sorte, qu'il en résulte une porosité convenable à la propagation de la lumiere.

Cette réponse ne peut être reçue que comme une conjecture, encore n'est-elle pas des plus heureuses ; le philosophe de qui nous la tenons ne l'auroit peut-être pas hasardée, s'il avoit su que la plupart des huiles, moins denses que l'eau, réfractent cependant plus fortement que la lumiere qui sort de l'air ; car, suivant ses propres idées, nous devons croire que toutes les matieres grasses ont des parties branchues ; ce qui met en droit de dire, ou que le mouvement de la lumiere ne s'accélere point dans l'eau, par la raison que les parties de ce liquide ne sont point rameuses comme celles de l'air,

XVI. LEÇON.

ou que les corps gras qui réfractent la lumiere autant ou plus que l'eau, n'ont pas, comme on le suppose, des parties moins lisses et moins dégagées que les siennes.

Les physiciens, attachés au principe des attractions, reconnoissant avec les Cartésiens que le mouvement de la lumiere est accéléré, lorsqu'elle passe de l'air dans l'eau, répondent tout autrement qu'eux, quand on leur demande quelle est la cause de cette accélération ; ils attribuent cet effet à la vertu attractive de l'eau, laquelle, plus puissante que celle de l'air, oblige l'extrémité *C* du rayon incident à s'incliner un peu plus qu'il ne l'est par sa direction naturelle, et à tendre au point *a*, au lieu de continuer en droite ligne vers *B*. Et comme l'attraction est une puissance qui augmente comme la densité des corps où elle réside, et à mesure que la distance diminue entre ce corps et celui qui est attiré, il suit premiérement, que du verre doit accélérer plus que l'eau, le mouvement de la lumiere qui vient de l'air, comme

l'expérience le montre ; secondement, que le rayon incident doit augmenter de vîtesse, à mesure qu'il approche davantage du milieu réfringent le plus dense ; ce qui doit lui faire prendre de l'accélération, et une petite courbure qu'on ne voit pas, mais qu'il faut supposer, quand on raisonne suivant ces principes.

Si quelqu'un a pris son parti sur cette maniere de philosopher, et qu'il ait une fois pour toutes admis des vertus attractives et répulsives dans la matiere, je ne lui conseillerai pas de changer d'avis dans cette occasion : j'avoue que les Newtoniens se tirent assez adroitement d'affaire, lorsqu'il s'agit de rendre raison des différents effets qu'on remarque dans les réfractions de la lumiere ; mais si l'on est impartial, on m'accordera que ce n'est pas sans peine : le Lecteur en jugera par ce qui suit.

Newton a trouvé, par expérience, un certain nombre de corps, tant solides que liquides, lesquels avec moins de densité que l'eau et le verre, réfractent autant ou plus qu'eux, la lumiere qu'ils reçoivent de l'air. En un

XVI. LEÇON.

mot, il a reconnu que l'accélération de la lumiere qui pénetre dans ces substances, est plus grande qu'elle ne doit être, eu égard à leur seule densité : que dire à cela, quand on a commencé par attribuer l'accélération du rayon réfracté à l'attraction du milieu réfringent, et que l'on a donné la densité pour la mesure de cette vertu? Le cas est embarrassant pour un physicien qui a pris pour regle d'être sobre en suppositions ; voici la solution qu'on donne de cette difficulté : Dans les corps dont il s'agit, il y a, dit-on, deux sortes de pouvoirs attractifs ; l'un tient à la densité, l'autre est un être inconnu qui est attaché à la nature particuliere de chacune de ces substances. Probablement vous ne le connoîtrez jamais que par le nom générique qu'on lui donne, et par les fonctions qu'on lui attribue ; mais vous serez dédommagé de ce qu'on vous laisse à desirer à cet égard, pour peu que vous ayez du goût pour les calculs ; car on vous dira à point nommé, combien il influe dans telle ou telle réfraction.

Ce qui résulte de tout cela, c'est que les Newtoniens et les Cartésiens sont d'accord sur ce point, que la lumiere reçoit une accélération de vîtesse en passant de l'air dans l'eau, dans le verre et dans quantité d'autres milieux plus denses, et que sur la cause de cette accélération, ils ne nous éclairent gueres plus les uns que les autres : car alléguer l'attraction comme font les premiers, c'est user d'un principe dont bien des gens ne veulent point, et qui a besoin de supplément dans plusieurs cas ; dire avec les autres, que la lumiere s'accélere, parce qu'elle passe plus librement, c'est presque donner pour raison, le fait même qu'il s'agit d'expliquer.

Il me semble pourtant qu'on a tort d'objecter à ceux-ci, qu'un passage plus libre dans l'eau, dans le verre, etc., quand il seroit démontré d'ailleurs, ne suffiroit pas pour rendre raison du mouvement accéléré de la lumiere ; il faut se mettre dans la position d'un Cartésien, qui ne regarde pas le trajet de la lumiere comme un mouvement de translation, mais seulement comme le trans-

XVI. LEÇON.

port d'une action qui s'imprime et s'entretient par celle du corps lumineux d'où procéde le rayon. Or, je pense que dans un jet de lumiere ainsi considéré, qui enfile différents milieux, dont les uns sont plus propres que les autres à conserver l'activité de son mouvement, l'action qui se transmet d'un bout à l'autre peut être plus prompte dans les endroits où elle trouve moins d'obstacles qui la ralentissent.

Un auteur de ces derniers temps a prétendu expliquer la cause des réfractions de la lumiere, en disant que les rayons incidents se réfléchissent en entrant obliquement dans les pores du milieu réfringent : quoique cette opinion ait un air assez naturel, il n'est pas possible de la faire valoir, si l'on ne montre auparavant que les angles de ces prétendues réflexions, sont égaux à ceux des incidences dans tous les cas où il y a ce que l'on nomme *réfraction* : et pour cela, il faut avoir recours à des hypothèses qu'on auroit peine à faire goûter ; comme de supposer une certaine direction dans la plupart

plupart des pores des corps transparents ; tandis que les plus fortes raisons nous portent à croire que ces pores sont alignés dans toute sorte de sens : ou de dire qu'il y a plus de lumiere réfléchie par les pores obliques, qu'il n'en entre dans ceux qui reçoivent directement les rayons incidents, ce qui ne seroit pas naturel à penser.

APPLICATIONS.

Un des effets de la réfraction qu'on remarque le plus, et dont on est toujours surpris quand on en ignore la cause, c'est l'inflexion apparente d'un bâton que l'on plonge obliquement dans l'eau ; tout le monde sait qu'au lieu de paroître droit, il semble brisé au point *C*, *fig.* 7, et former l'angle *ACb*. Si l'on veut comprendre comment cela se fait, il faut considérer que chaque point éclairé de la partie plongée du bâton devient visible par un faisceau de lumiere qui passe obliquement de l'eau dans l'air, où l'on suppose que l'œil est placé : or ce jet de lumiere passant ainsi d'un milieu dense dans un autre qui l'est moins, doit se

XVI. LEÇON.

réfracter dans celui-ci, en s'écartant de la perpendiculaire PD ; ainsi, l'œil apperçoit le point B, par la pyramide de lumiere DE, dont les rayons convergent en b, qui devient par-là le lieu apparent de l'objet. Si vous faites le même raisonnement pour tous les points visibles F, G, H, etc., vous trouverez que leurs images doivent être dans la ligne bC, laquelle fait un angle avec la partie u bâton qui est hors de l'eau.

On explique de même, comment une piece d'argent placée au fond d'un vaisseau qui n'est pas de matiere transparente, devient visible à l'œil qui ne pouvoit pas l'appercevoir, lorsqu'on la couvre d'une masse d'eau d'une certaine épaisseur ; car on voit que le rayon RS, qui passeroit au-dessus de l'œil, s'il n'y avoit pas de réfraction, venant à s'écarter de la perpendiculaire PS, lorsqu'il passe de l'eau dans l'air, se dirige vers I, et fait voir l'image de la piece en r, comme si l'objet s'étoit élevé.

Nous voyons donc au-dessus de son vrai lieu tout ce que nous appercevons dans l'eau par des rayons obli-

ques ; et c'est à quoi l'on doit faire attention, lorsqu'on tire sur le poisson d'un étang : on le manqueroit certainement, si l'on tiroit à l'endroit où on le voit, pour deux raisons : 1°. parce qu'il est plus bas que le lieu où il paroît être ; 2°. parce que la balle souffrant un réfraction en sens contraire de celle de la lumiere, s'éleve nécessairement au-dessus de la direction qu'on a intention de lui donner.

Comme, étant placés dans l'air, nous appercevons dans l'eau des objets que les bords du bassin nous cacheroient, si la lumiere qui en vient ne souffroit pas de réfraction, en passant de l'un de ces milieux dans l'autre, réciproquement les animaux qui, étant sous l'eau, regardant dans l'air par des rayons obliques, découvrent ce qui ne seroit pas à la portée de leurs yeux, s'ils ne devoient voir que par des rayons directs. L'œil placé en *R* apperçoit ce qui est en *T*; comme lorsqu'il est en *T'*, il voit ce qui est en *R* ; mais au lieu de le rapporter à sa vraie place, il le juge en *t*.

Cette derniere remarque est d'une

XVI. LEÇON.

grande conséquence pour l'Astronomie. Il suit de-là que nous voyons les astres sur l'horizon le matin et le soir, quelque temps avant qu'ils y soient arrivés, et après qu'ils sont descendus au-dessous ; car l'atmosphere terrestre étant un milieu plus dense que celui par lequel passe la lumiere des astres, avant que d'y arriver, le rayon qui part de l'étoile *S*, *fig.* 8, lorsqu'elle est encore au-dessous de l'horizon *Hh* ; ce rayon, dis-je, qui passeroit en droite ligne vers *V*, venant à se réfracter en *c*, en s'approchant de la perpendiculaire *p p*, parvient à l'œil du spectateur qu'on suppose en *t*, et lui fait voir l'étoile comme si elle étoit en *s*, au-dessus de l'horizon.

Après le lever de l'astre, son lieu apparent differe encore de son lieu réel, par la même raison : mais à mesure qu'il s'éleve, cet effet va toujours en diminuant ; parce que l'incidence de ses rayons *R r*, *X x*, devenant de moins en moins oblique à la surface de l'atmosphere terrestre, la réfraction devient moins grande à proportion, jusqu'à ce qu'enfin l'astre étant parvenu au zénith, ou à une hauteur

qui en approche, ses rayons, comme *Z z*, tombent directement, ou à peu près, et le représentent au vrai lieu où il est.

Ce que je viens de dire, comme en passant, des réfractions astronomiques, suppose que l'atmosphere terrestre est un milieu plus réfringent, ou plus dense que celui qui remplit l'espace immense des cieux, et c'est un fait dont on est assuré; premiérement par l'apparition des astres, qui précede constamment le matin celle qu'un calcul exact nous annonce, lorsqu'on n'a égard qu'à la durée de leur révolution. Secondement, par des expériences immédiates que d'habiles physiciens ont faites en différents temps et en différents lieux (*a*), et par lesquelles ils ont tâché de déterminer le rapport des sinus des angles d'incidence et de réfraction *totale*, par les rayons de lumiere qui passent de l'éther, dans

(*a*) On peut consulter sur cela les Transactions philosophiques de Londres, N°. 257, et les Expériences physico-méchaniques de Hauxbée, traduites en François; à Paris, chez Cavelier, *tome* I, *pag.* 106 *et suiv.*

XVI. Leçon.

toute l'épaisseur de l'atmosphere terrestre.

Je dis la réfraction totale, parce que le rayon réfracté par l'air de l'atmosphere ne suit pas une seule ligne droite, comme il arrive dans un milieu réfringent d'une densité uniforme : l'air étant plus dense et plus chargé de vapeurs dans les couches de l'atmosphere qui approchent le plus de la surface de la terre, on doit considérer, que son pouvoir réfractif va toujours en croissant dans le même sens : ce qui fait que le rayon qui commence à se réfracter en *a*, *fig.* 8, s'incline davantage en *b*, et encore plus en *e* ; au lieu de distinguer seulement trois couches dans l'atmosphere, si l'on fait attention qu'il y en a une infinité, et que leurs densités augmentent insensiblement, à commencer du point *a*, on comprendra d'abord que le rayon réfracté doit suivre une courbe continue, et faire voir l'astre d'où il procede, dans la tengente *t d*.

Et comme on s'est encore assuré par des expériences réitérées avec soin, que la réfraction de la lumiere qui entre du vuide dans l'air, devient plus grande

Fig. 8.

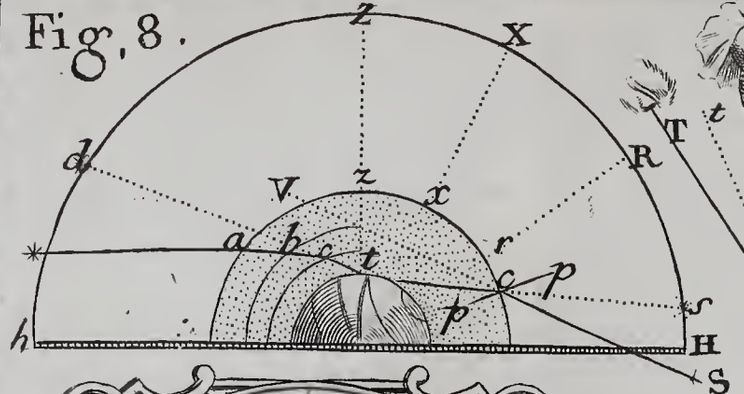
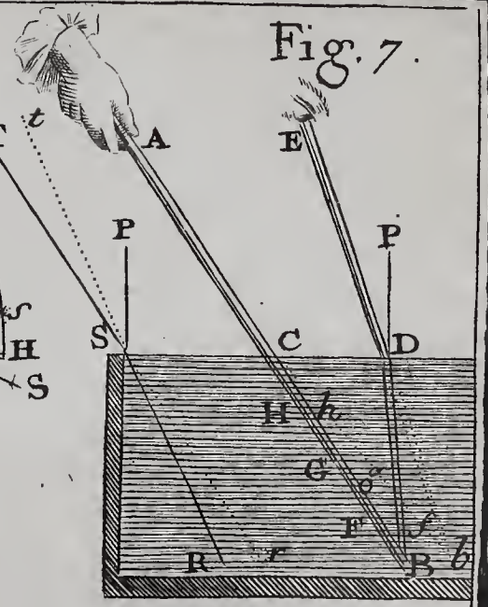


Fig. 7.



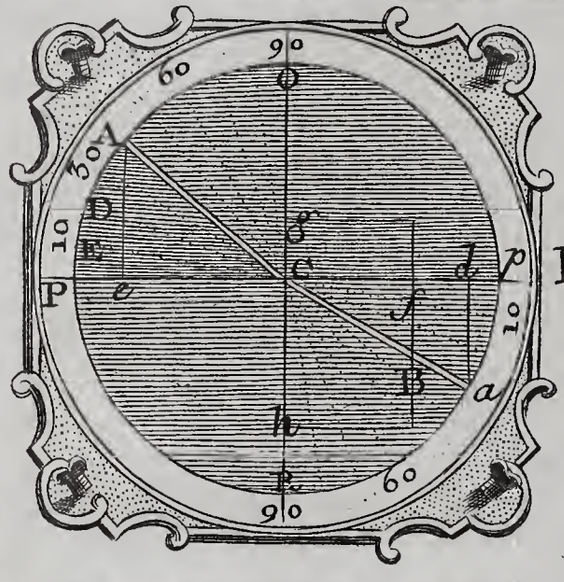
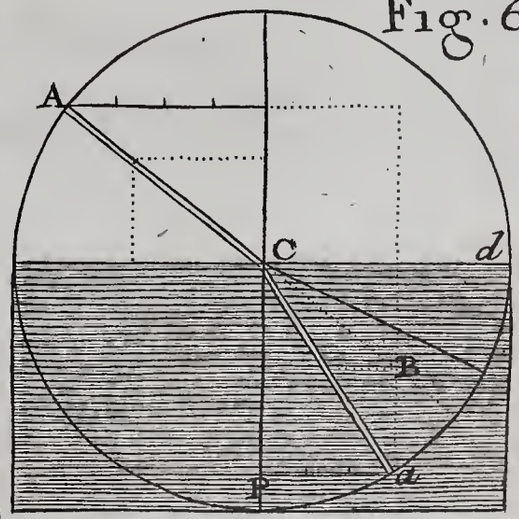


Fig. 1.

Fig. 6.



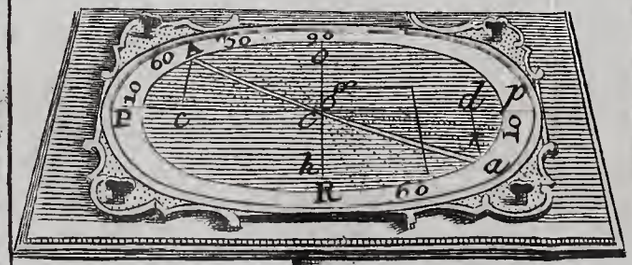


Fig. 2.

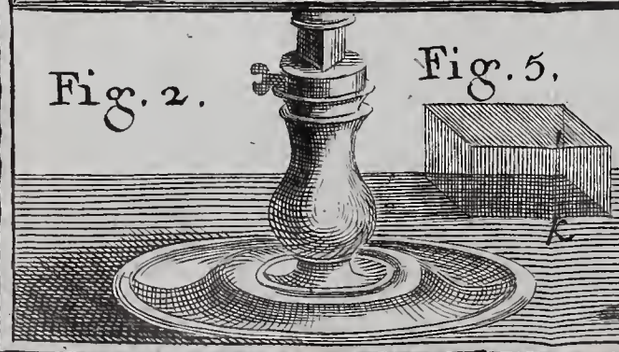
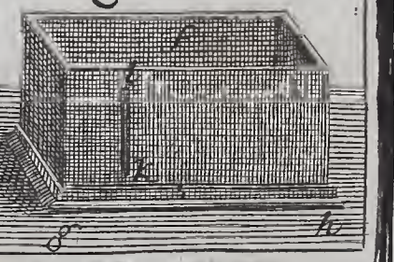


Fig. 5.

Fig. 3.

Fig. 4.



à mesure qu'on augmente la densité de ce fluide, soit en le comprimant, soit en le réfroidissant, c'est une conséquence nécessaire, que les objets qu'on voit ainsi à travers l'atmosphere, quoiqu'à des hauteurs données, ne paroissent pas toujours également déplacés de leur vrai lieu, puisque la température de l'air, son poids et la quantité de vapeurs dont il est chargé, varient non seulement selon les climats et les saisons, mais encore par une infinité de causes accidentelles.

Ces variations de densité dans certaines parties de l'atmosphere, influent tellement sur la réfraction de la lumiere, que d'habiles physiciens nous assurent avoir trouvé, tantôt plus, tantôt moins grande la hauteur des mêmes édifices qu'ils avoient mesurés géométriquement d'une distance un peu grande. De pareils avis joints à la certitude que l'on a de possibilité des effets, font qu'un astronome circonspect ne se repose point avec une entiere confiance sur l'exactitude de ses tables de réfractions, et inspirent une défiance raisonnable à quiconque est obligé de compter sur la rectitude parfaite d'un

XVI. LEÇON.

rayon de lumiere, qui traverse une grande épaisseur d'air.

En regardant le soleil ou la pleine-lune près de l'horizon, si vous remarquez que son disque est d'une figure ovale, vous pouvez observer en même-temps, que le diametre le plus court est celui qui est vertical ; et vous appercevrez la raison de cet effet, si vous considérez premiérement que la réfraction fait paroître toutes les parties de l'astre plus élevées qu'elles ne le sont réellement ; en second lieu, que cette élévation apparente est d'autant plus grande, que l'objet est plus près de l'horizon ; car, de ces deux effets, il résulte clairement que le bord inférieur du disque lumineux doit paroître rapproché du bord supérieur, ce qui change sa figure ronde en ovale. Si vous y preniez garde, vous verriez aussi, et par la même raison, que la distance respective de deux étoiles, dont l'une est au-dessus de l'autre, paroît plus petite peu après leur lever que quand elles approchent du méridien, et vers le zénith.

Un phénomene qui arrive quelquefois, et qui a bien intrigué les an-

ciens astronomes, parce qu'ils ne connoissoient point assez les effets de la lumiere réfractée par l'atmosphere terrestre, c'est de voir la lune se lever totalement éclipsée, tandis que le soleil se voit encore tout entier dans la partie opposée de l'horizon. Ceux qui savent qu'une éclipse de lune se fait par l'interposition de la terre entre le soleil et elle, sont surpris de voir qu'elle manque de lumiere en présence, et vis-à-vis de l'astre qui a coutume de lui en donner : c'est que dans le cas dont il s'agit, ce n'est point elle-même qui se montre sur l'horizon, ce n'est que son spectre élevé par l'effet de la réfraction, comme l'étoile *S* de la *fig.* 8.

Mais, dira-t-on, comment un astre éclipsé peut-il se faire voir ainsi, s'il n'a plus de lumiere ?

Il faut se rappeler ici que la lune, dans les temps de ses éclipses, n'est jamais totalement privée de lumiere : elle est toujours très-visible, sous une couleur de fer rouge qui commence à s'éteindre : c'est encore un effet sur lequel les anciens ont mal raisonné, ne connoissant pas assez le pouvoir

XVI. Leçon.

réfractif de l'atmosphere terrestre, et que je trouve très-bien expliqué dans l'Optique de M. Smith. « C'est, » dit-il, une partie des rayons so- » laires qui embrassent la terre, et » qui, s'étant réfractés dans l'atmos- » phere de cette planete, vont se » croiser dans son ombre, et illuminer » foiblement la lune qui s'y trouve » plongée ».

Les effets dont je viens de faire mention, nous apprennent déjà que la réfraction de la lumiere change souvent la position ou le lieu de l'objet, en nous le faisant voir où il n'est pas; nous verrons aussi que la même cause influe sur la figure, la grandeur, la distance et la situation; mais comme toutes ces apparences dépendent de la position respective des rayons qui tracent les images au fond de l'œil, il est à propos, avant que d'entrer dans ce détail, de faire voir par des faits simples, comment des rayons réfractés s'arrangent entre eux, étant données leurs incidences, et la figure des surfaces réfringentes.

Quand deux milieux se touchent, la surface du plus dense ne peut être

que plane, convexe ou concave; et les rayons incidents qui viennent plusieurs ensemble pour la traverser, sont, ou paralleles entr'eux, ou convergents, ou divergents. Je vais examiner ce qui arrive dans ces différents cas; et comme j'ai lieu de croire, après ce qui a été dit et répété jusqu'ici, que le Lecteur comprend suffisamment qu'un jet de lumiere de la grosseur du doigt, par exemple, est un faisceau de rayons qui peuvent s'écarter davantage, ou se rapprocher les uns des autres, pour former un cylindre, ou une pyramide, au lieu d'employer, comme j'ai fait au commencement de la Catoptrique, deux jets séparés l'un de l'autre; le plus souvent je n'en mettrai qu'un en expérience, et je ferai juger du parallélisme, de la divergence ou de la convergence de ses parties, par la figure cylindrique ou pyramidale qu'il recevra. Quant aux surfaces concaves ou convexes des milieux, je ne parlerai que de celles qui sont sphériques, parce qu'elles sont le plus en usage dans la construction des instruments de Dioptrique, et que d'ailleurs, si l'on entend bien leurs effets,

XVI. LEÇON.

il sera aisé d'appliquer les mêmes principes, pour expliquer ou prévoir ce qui arrive avec toute autre courbure.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence, passent obliquement d'un milieu rare dans un plus dense, qui soit terminé par une surface plane.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Par le moyen d'un miroir plan de métal placé en dehors de la fenêtre, on introduit dans une chambre bien obscure, des rayons solaires qu'on fait passer par un tuyau rond qui traverse le volet dans une direction horizontale, et qui a 6 pouces de longueur sur un pouce et demi de diametre. Ce tuyau reçoit des verres de différentes convexités, à celle de ses extrémités qui répond au-dedans de la chambre : celui qu'on y met pour cette expérience,

n'en a que ce qu'il en faut pour rendre le jet de lumiere solaire parfaitement cylindrique.

Ce faisceau de rayons est reçu obliquement sur le côté long d'une caisse représentée par la *fig.* 9, et placée sur la table que j'ai désignée ci-dessus par la *fig.* 2.

Les côtés longs de cette caisse sont deux morceaux de verre bien droits, de 4 pouces de large sur un pied de long, élevés bien parallélement à 6 pouces de distance l'un de l'autre. Les deux petits côtés sont de métal ainsi que le fond ; et chacun d'eux a une ouverture circulaire de 2 pouces et demi de diametre, garnie d'un verre semblable à ceux dont on couvre les cadrans des montres, l'un ayant sa convexité en dehors, l'autre ayant la sienne en dedans de la caisse. Comme ce vaisseau doit contenir de l'eau, tous ces verres sont attachés avec du ciment; et aux quatre coins du fond en dehors, il y a des vis par le moyen desquelles on le met de niveau sur la table, et à l'un des bouts un robinet pour vuider l'eau.

XVI. LEÇON.

EFFETS.

Le jet de lumiere entrant par *A*, *fig.* 10, dans la caisse remplie d'eau, se réfracte en *B*, et forme à cette distance, sur une lame de métal qu'on présente perpendiculairement à sa direction, un cercle lumineux dont le diametre est égal à celui du cylindre de lumiere, mesuré en *A*. Ce cercle s'apperçoit plus aisément, si l'on couvre le dehors du verre avec un morceau de carton blanc. Dans la figure on n'a représenté que l'épaisseur de l'eau qu'on met dans la caisse, avec les effets de la lumiere qui la traverse.

Au lieu d'arrêter ainsi le rayon, si vous le laissez sortir de la caisse dans l'air, il prend une direction *S s*, parallele à celle du rayon incident *R r*, ce qui est aisé de reconnoître, en mettant sur les bords de la caisse une regle parallele à l'un des deux rayons, et la grosseur du jet de lumiere demeure constamment égale dans toutes les parties de sa longueur.

D'où il suit que des rayons de lumiere paralleles dans leur incidence,

en passant obliquement de l'air dans une masse d'eau terminée par une surface plane, conservent leur parallélisme, comme aussi en rentrant de l'eau dans l'air, terminée de même par une surface droite : la même chose arrive avec tous les autres milieux qui different en densité, et qui n'ont qu'une médiocre épaisseur, comme nous le supposons ici.

SECOND CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence passent d'un milieu rare dans un plus dense, et de celui-ci dans un autre semblable au premier.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Cette expérience se fait comme la précédente, excepté, qu'au lieu de mettre au bout du tuyau un verre très-peu convexe, qui ne feroit qu'ôter aux rayons solaires le peu de divergence qu'ils ont quand on les reçoit par un trou dans une chambre, on en place

XVI. LEÇON.

un autre qui l'est davantage, et qui fait prendre au jet de lumiere la forme d'un cône ou d'une pyramide ronde, dont la pointe s'avance à 8 ou 9 pouces de distance.

La caisse étant pleine, on en présente le côté *AD* perpendiculairement à la pyramide de lumiere, de façon que sa pointe atteigne tout juste le côté *BC*; après quoi on ouvre le robinet pour la vuider. Voyez la *fig.* 11.

EFFETS.

Aussi-tôt qu'on a ôté l'eau de la caisse, la pointe de la pyramide lumineuse se raccourcit sensiblement, et se voit en *E*.

Si l'on fait avancer la caisse vuide de quelques pouces, de sorte que la pointe de la pyramide de lumiere passe d'autant au-delà du côté *BC*, l'eau que l'on met ensuite dans la caisse fait un peu avancer cette pointe, et l'on remarque que la pyramide est déformée, comme *FG*.

Ce qui fait voir que la convergence des rayons diminue, lorsqu'ils passent d'un milieu rare dans un milieu dense;

et qu'elle augmente au contraire, quand le passage se fait du milieu dense dans celui qui l'est moins, et que les surfaces de ces milieux sont planes.

TROISIEME CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence entrent dans un milieu plus dense, ou plus rare.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Tout restant disposé, comme dans la derniere expérience, et la caisse étant vuide, il faut la reculer de maniere que les rayons qui commencent à diverger, après avoir formé la pointe *G*, *fig.* 12, et qui font une pyramide lumineuse opposée à la premiere, se présente directement au côté *A D* de la caisse, et la traversent entiérement; et l'on éleve verticalement à 3 ou 4 pouces de distance, au-delà du côté *B C*, un carton blanc, sur lequel on reçoit la base de cette pyramide de lumiere, dont on mesure exactement le

XVI. LEÇON.

diametre : après quoi l'on met de l'eau dans la caisse comme de coutume.

EFFETS.

Le cercle lumineux paroît un peu augmenté sur le carton ; et la pyramide paroît déformée, n'étant pas aussi grosse à la distance *BC*, qu'elle l'étoit avant qu'il y eût de l'eau dans la caisse.

Ce qui prouve que les rayons, en entrant de l'air dans l'eau, ont perdu une partie de leur divergence, et qu'ils l'ont reprise en sortant de l'eau pour rentrer dans l'air ; d'où l'on peut conclure, que quand les milieux se touchent par des surfaces planes, les plus denses diminuent la divergence des rayons, et que les plus rares l'augmentent.

EXPLICATION.

Suivant la seconde loi de la réfraction de la lumiere, un rayon qui passe obliquement d'un milieu rare dans un milieu dense, quitte sa premiere direction pour s'approcher de la perpendiculaire au plan qui sépare les milieux : voilà pourquoi, dans la seconde expérience, le jet de lumiere qui est arrivé

en *A*, s'est réfracté vers *B*; car son incidence étoit oblique, et le milieu qu'il quittoit étoit moins dense que celui dans lequel il est entré. XVI. LEÇON.

Si l'on conçoit deux lignes paralleles qui se plient ensemble, et de la même quantité, leur parallélisme doit subsister après l'inflexion. Or, des filets de lumiere qui forment ensemble un jet cylindrique, comme dans la même expérience, sont paralleles entr'eux; l'incidence, par conséquent, est également oblique pour chacun d'eux sur une surface plane; leur réfraction paroît l'être aussi dans une épaisseur d'eau qui n'a que 5 à 6 pouces : ainsi, demeurant sensiblemnt paralleles après cet effet, ils forment encore un cylindre de lumiere égal en diametre à celui qu'ils formoient dans l'air; et c'est pour cette raison, que ce jet réfracté, tombant perpendiculairement sur un plan qu'on lui présente, y marque un cercle lumineux de la même grandeur que celui qu'il fait voir sur un pareil plan, avant que d'être dans l'eau.

Le 5e résultat de la premiere expérience, sur lequel nous avons établi la 4e loi, nous a fait voir qu'un rayon

XVI. LEÇON.

réfracté en *a*, *fig.* 13, s'il est renvoyé en *C* par un miroir, ou autrement, se plie en entrant dans l'air, de telle maniere, qu'il retourne toujours par la ligne *CA*, qui est celle de sa premiere incidence. Cela étant, lorsqu'arrivé en *a* il passe de l'eau dans l'air qui est au-delà, il doit venir en *B*, faisant l'angle *p a B*, égal à celui de l'autre part *A C P*; car la grandeur de ces angles dépend du degré d'obliquité avec lequel le rayon tombe de l'eau sur l'air, soit en allant de *C* en *a*, soit en faisant la route opposée. Or cette obliquité est égale de part et d'autre, puisque les surfaces *EF*, *GH*, par lesquelles l'air et l'eau se touchent, sont paralleles entr'elles. Dans le cas présent, ces angles doivent donc être égaux; et c'est ce qui fait que le rayon *aB*, après avoir traversé l'eau, reprend une direction parallele à celle qu'il avoit avant que d'y entrer.

Dans la caisse pleine d'eau de la IIIe expérience, la pyramide de lumiere paroît plus longue qu'elle ne l'est dans l'air, parce que les rayons incidents *ad*, *bc*, *fig.* 14, étant inclinés en sens contraire sur la même surface

droite *cd*, du milieu le plus dense, font aussi leurs réfractions dans des sens opposés ; ce qui diminue la convergence naturelle de ces rayons qui est au point *e*, et qui se rétablit, dès qu'il n'y a plus d'eau dans la caisse.

Quand la pointe de cette pyramide s'avance dans l'air au-delà du côté *KL*, les rayons émergents, comme *hk*, reprennent une direction parallele à celle de la premiere incidence *fg*, *lg*, comme je viens de le faire entendre, en expliquant les effets de la IIe expérience : de-là il arrive que le point de convergence qui seroit en *i*, sans les deux réfractions, se prolonge jusqu'en *k*, et les côtés de la pyramide, au lieu d'être des lignes droites, comme *fi*, *li*, sont pliés deux fois, et en sens contraire, comme on le voit en *h* et en *g*.

Pour se rendre raison des effets de la IVe expérience, il n'y a qu'à s'imaginer que les rayons divergents partent du point *k*, *fig.* 14 ; en suivant leur marche assujettie aux loix de la réfraction, on verra tout d'un coup, comme ils deviennent d'abord moins

XVI. LEÇON.

divergents dans l'eau, qu'ils ne l'étoient avant que d'y entrer ; et ensuite plus divergents au-delà de la surface $H I$, qu'ils ne l'étoient avant que de toucher la premiere $K L$: car ils le sont alors comme s'ils venoient du point i.

On voit pareillement pourquoi, malgré cette plus grande divergence, ils marquent sur le plan qu'on leur oppose, un cercle de lumiere plus petit ; car, sans les deux réfractions, les rayons $k h$, de part et d'autre, auroient été par des lignes droites en m et en n ; mais en se pliant deux fois, en h et en g, suivant les proportions dont on a parlé précédemment, ils se resserrent dans l'espace $f l$, et forment une pyramide irréguliere, quoique symmétrique.

I. COROLLAIRE.

Ce que j'ai dit des rayons paralleles qui demeurent tels, après avoir traversé un milieu dense renfermé entre deux surfaces planes et paralleles entr'elles, peut avoir lieu par les mêmes raisons, lorsque le milieu dense est terminé par deux surfaces courbes, mais concentriques, comme

HI, *KL*, *fig.* 15, pourvu que l'incidence soit peu oblique, et que les rayons soient près les uns des autres; car alors, comme le rayon réfracté *ab* tombe sur *KL* avec une obliquité très à peu près égale à celle du rayon incident *Aa*, l'angle *Bbp* de réfraction dans l'air ne differe pas sensiblement de celui de la premiere incidence *Aap*; et par conséquent *Bb* et *Aa* sont paralleles, ou très-peu s'en faut. Il n'en est pas de même du rayon *Ee*, par rapport à *Dd*; parce que l'inclinaison de *de* sur la surface *KL*, étant plus grande que celle de *Dd* sur *HI*, les angles d'incidence et de réfraction dans l'air ne sont plus dans le rapport d'égalité, comme dans le cas précédent : ce qui fait que le rayon émergent *eE* s'incline à la direction du rayon *Dd*. La différence de ces angles devenant d'autant plus grande, que le rayons *ab* ou *de*, est plus oblique à la surface *KL*, on doit concevoir que les deux rayons émergents *bB* et *eE* ne sont plus paralleles entr'eux, quoique *Aa*, et *Dd* le soient.

XVI. LEÇON.

II. *COROLLAIRE.*

Comme c'est le parallélisme des surfaces réfringentes *EF*, *GH*, *fig.* 13., qui fait prendre au rayon émergent *Bb* une direction parallele à celle du premier rayon incident *AC*, cela ne doit point arriver, quand ces surfaces sont inclinées l'une à l'autre, comme dans la *fig.* 16, les réfractions, tant en *a* qu'en *d*, se faisant dans le même sens, à cause des inclinaisons opposées des surfaces, la direction du rayon émergent est *bB*, toujours oblique à l'incidence *Aa*, plus ou moins, suivant la grandeur des réfractions.

APPLICATIONS.

Le résultat de la seconde expérience nous apprend pourquoi les verres plans, semblables à ceux qu'on met aux fenêtres, les glaces dont on fait les miroirs, etc., ne peuvent servir à condenser la lumiere solaire qui les traverse : ces rayons étant comme paralleles entr'eux, ne peuvent jamais être plus inclinés les uns que les autres à un seul plan : ainsi les surfaces

surfaces réfringentes qui sont droites, ne changent rien à leur position respective. Il en est de même des eaux dormantes, dont la superficie se met de niveau dans toute son étendue ; on ne voit jamais que ces masses liquides, quelque transparentes et réfringentes qu'elles soient, donnent occasion à la lumiere parallele de former des foyers dans leur sein.

Quand les milieux plus denses que l'air ont des surfaces droites, et qu'ils sont fort minces, leur interposition ne cause pas des changements sensibles dans les images ; au travers des vitres ou d'une glace de carosse, on voit à peu près de la même maniere qu'on verroit à la vue simple dans un milieu homogene ; mais quand il y a une grande épaisseur, l'objet qui n'est pas fort éloigné du milieu réfringent, paroît plus près et plus grand ; souvent sa figure change et sa clarté diminue.

Les rayons divergents qui sortent d'un verre plat fort épais, ou d'un vase plein d'eau pour entrer dans l'air, deviennent plus divergents qu'ils ne l'étoient : c'est le résultat de la IV.

XVI. LEÇON.

expérience. S'ils entrent dans l'œil après une telle émersion, ils semblent venir d'un point moins éloigné que celui d'où ils sont partis ; l'apparence du point radieux *E*, par exemple, *fig.* 14, est en *e*, et ainsi de tous les autres points visibles du même corps.

Voilà pourquoi le poisson que nous voyons dans l'eau, nous paroît plus élevé vers la surface, qu'il ne l'est réellement : le chasseur qui auroit dessein de le tuer d'un coup de fusil, doit avoir égard à cette apparence trompeuse ; car la charge de plomb ne peut percer qu'une certaine épaisseur d'eau, laquelle se trouvant plus grande qu'on ne l'a estimée, peut mettre le poisson hors d'atteinte.

De même le fond d'un vase, d'un bassin, d'une riviere, ne nous paroît jamais aussi bas qu'il l'est, à cause de l'eau qui le couvre ; quand on descend dans un bain, on est toujours surpris de le trouver plus profond qu'on ne s'y attendoit ; et quand on se presse de prendre quelque chose dans l'eau, il arrive très-souvent qu'on porte la main plus avant qu'on ne croyoit

devoir le faire, et qu'on mouille la manche de son habit pour avoir jugé la profondeur plus petite qu'elle n'est. XVI. LEÇON.

Lorsqu'on regarde à travers une grande épaisseur d'eau, si les parties de l'objet qui semblent s'élever vers la surface, souffroient toutes un déplacement égal, la figure apparente seroit toujours conforme à ce qu'elle représente; car dans l'image, comme dans l'objet, la figure dépend de la position respective des parties, à laquelle un mouvement commun n'apporte pas de changement : mais le déplacement égal n'a pas lieu dans les cas où l'objet est d'une grande étendue; car les rayons qui viennent des extrémités les plus éloignées de l'œil, tombant plus obliquement que les autres sur la surface de l'air, se réfractent davantage; les faisceaux ou pyramides de lumiere divergente, se dilatent vers l'œil, de maniere que leurs points de réunion, où sont les apparences, se rapprochent davantage de la surface réfringente, et dans un rapport trop grand, pour conserver à l'image totale une conformité parfaite avec son objet. L'œil placé en *k*,

XVI. LEÇON.

fig. 14, pour voir au fond de l'eau un grand objet droit, ou une suite d'objets rangés dans une ligne droite comme *g d*, *c g*, non seulement apperçoit le tout ensemble plus près de lui, mais les extrémités *g g*, lui paroissent encore plus rapprochées que les autres parties *d*, *c*, ce qui forme une courbure dont la concavité est tournée vers le spectateur (*a*). C'est ainsi qu'un tuyau de plomb couché sur le fond d'un bassin, ne paroît pas droit, quoiqu'il le soit, et que le fond du bassin lui-même semble plus creux au milieu que vers les bords, quoiqu'il le soit également par-tout.

Les milieux denses fort épais, quoiqu'avec des surfaces planes, nous font voir les objets plus grands qu'ils ne le sont; le poisson paroît plus gros dans l'eau que quand on l'en a tiré; le gravier, les pierres, les plantes nous

(*a*) Pour apprendre quelle est la nature de cette courbe, et comment elle s'engendre, consultez un beau et savant Mémoire de M. de Mairan, imprimé dans le vol. de l'Acad. des Sciences pour l'année 1740, dans lequel vous trouverez plusieurs remarques très-curieuses.

trompent de même quand nous les voyons au fond des bassins, des fontaines, des rivieres, etc; les espaces nous paroissent aussi plus étendues, les limites qui les comprennent nous semblent laisser entr'elles une plus grande distance : tout cela vient de ce que des rayons convergeńts le deviennent davantage en sortant de l'eau pour entrer dans l'air. Qu'on imagine pour un moment que *g*, *g*, *fig.* 14, soient les extrémités opposées d'un objet que l'on apperçoit au fond de l'eau par les rayons *g h*, *g h*, l'œil place en *k*, juge de la grandeur de cet objet; par l'angle *G k G*, plus grand que *g k g*; et comme la même chose arrive pour toutes les dimensions du corps que l'on voit ainsi, il s'ensuit que tout ce qu'on regarde au travers d'un milieu fort épais et plus dense que l'air, doit paroître amplifié, comme cela arrive en effet.

Ayant l'œil placé directement au-dessus d'un vase plein d'eau ou de quelqu'autre liqueur limpide, si je regarde une piece de monnoie ou quelqu'autre chose semblable, qui soit au fond et suffisamment éclairée, je la

XVI. LEÇON.

vois plus grande que dans l'air ; mais elle ne me paroît plus hors de sa place, comme celle dont j'ai fait mention en parlant des effets de la réfraction de la lumiere en général. Je comprends la raison de ce dernier effet, en considérant que dans le cas dont il s'agit, mon œil apperçoit une partie de la piece (son centre, par exemple) par un faisceau de rayons dont l'axe ne souffre point de réfraction, passant perpendiculairement de l'eau dans l'air; cette partie de la piece se voit donc dans son vrai lieu ou dans sa direction naturelle; les autres sont vues par des rayons obliques, par conséquent réfractés, qui les écartent en apparence de la premiere qui est comme immobile : par-là l'objet paroît amplifié, mais non pas déplacé quant à la direction : la figure même n'en est pas sensiblement altérée, si l'on dirige son regard de façon que le rayon direct vienne du milieu de l'objet qu'on se propose de voir, à moins que cet objet ne soit fort grand.

Un morceau de verre épais dont les faces opposées, quoique planes, sont inclinées l'une vers l'autre, fait tou-

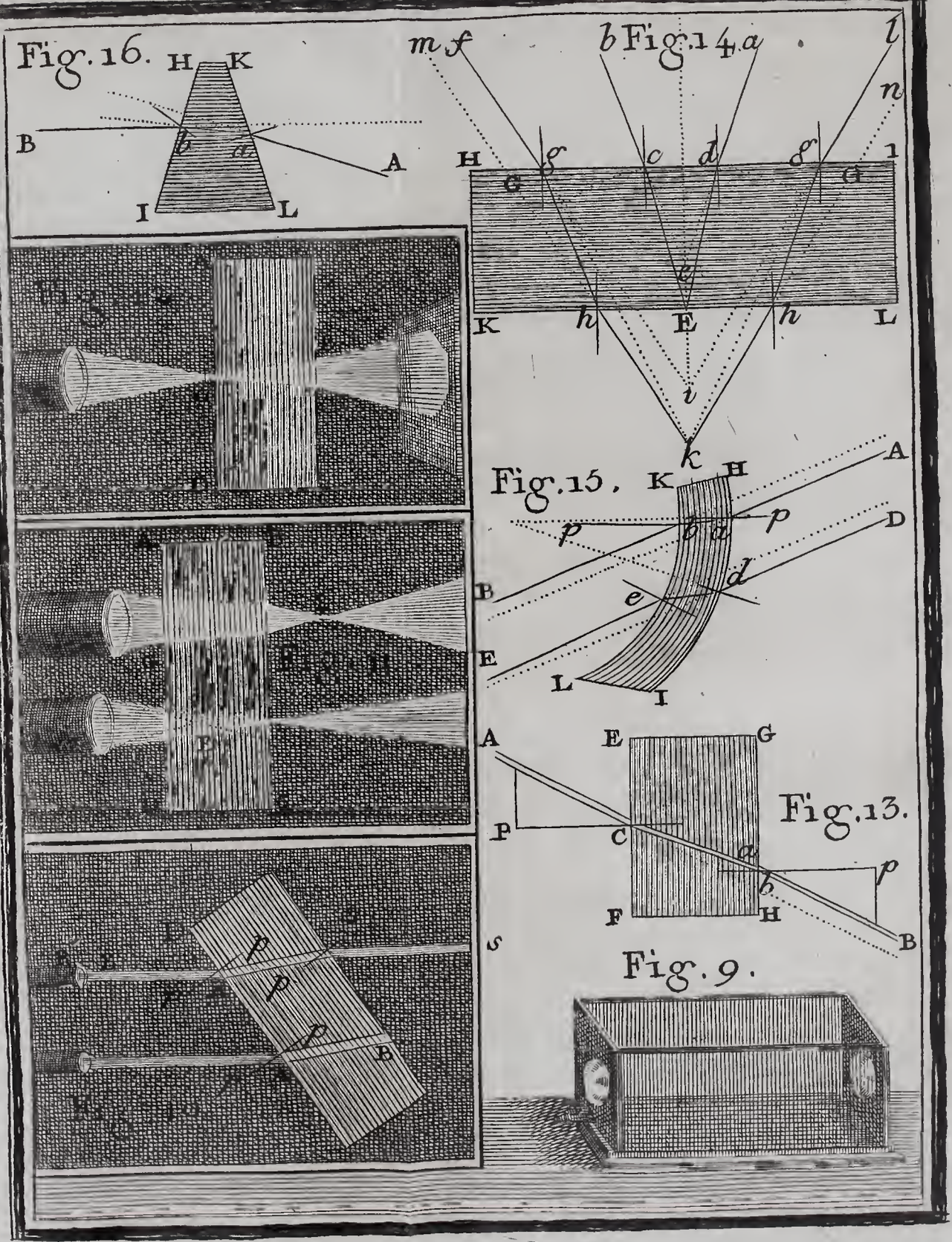


Fig. 16.
H
K
B
b
a
A
I
L
m
f
b
Fig. 14.
a
l
n
H
g
c
d
g
1
G
G
e
K
h
E
h
L
i
k
Fig. 15.
K
H
A
p
p
b
a
D
B
d
e
E
L
I
A
E
G
Fig. 13.
P
C
a
p
b
F
H
B
s
Fig. 9.

jours voir les objets hors de leurs vrais lieux ; parce que, de quelque façon qu'on s'y prenne en regardant au travers de ces corps transparents, tous les rayons qui viennent à l'œil, sans en excepter aucun, souffrent au moins une réfraction, soit en entrant, soit en sortant ; je dis au moins une réfraction, car si quelqu'un des rayons incidents est oblique à l'une des deux surfaces, et qu'après être entré, il soit encore oblique à l'autre, il sera réfracté deux fois, comme on le peut voir par la *fig.* 16, et s'il est perpendiculaire à la premiere, il en sera plus oblique sur la seconde.

Et si ce verre est taillé de maniere qu'une de ses surfaces soit en partie parallele à l'autre, en partie inclinée, il pourra faire voir l'objet en même-temps dans deux lieux différents, comme il arrive quand une glace de carosse est terminée par un large biseau, et qu'on dirige ses regards vers les bords, pour voir les objets extérieurs.

C'est en conséquence de cet effet, qu'on travaille exprès des verres à plusieurs facettes, qu'on nomme *multi-*

XVI. LEÇON. *pliants*, parce qu'en effet ils multiplient l'image d'un objet qu'on regarde au travers de leur épaisseur. Après ce que je viens de dire touchant les corps réfringents terminés par des surfaces inclinées, l'inspection seule de la *fig.* 17, suffit pour faire comprendre la raison de cette multiplication d'images. Car on peut remarquer que les quatre faces *a c*, *c d*, *d e* et *e b*, étant toutes inclinées à la grande face *a b*, font converger chacune séparément vers le même œil *E*, des rayons qui partent des extrémités opposées de l'objet *F*: d'où il arrive que ceux qui tombent sur *a c*, après les deux réfractions, produisent une image en *G*; ceux qui tombent sur la facette *c d*, une autre image en *H*; et enfin ceux qui passent par *d e* et par *e b*, représentent le même objet séparément en *I* et en *K*: ce qui fait autant d'images que de facettes.

On voit distinctement et complettement l'image par toutes les facettes, lorsque chacune d'elles reçoit des rayons de toutes les extrémités opposées de l'objet, qu'après les réfractions, ces rayons sont convergents vers un même

endroit, et que les faisceaux qui appartiennent à chaque point visible, ont conservé ou repris un peu de divergence; la premiere et la seconde de ces conditions venant à manquer, chaque facette ne fait voir qu'une partie de l'objet; sans la troisieme on ne voit rien que très-confusément. Pour éviter ces défauts, on ne doit regarder avec ces sortes de verres les grands objets que de loin, et de près seulement les petits; il faut encore leur donner des faces d'une certaine largeur, lesquelles, par leurs inclinaisons respectives, ne forment pas une trop grande convexité, et enfin ne les approcher pas trop près de l'œil. On verra mieux comment il faut user de ces précautions, et les effets qu'on en peut attendre, quand nous aurons parlé de la vision à travers les milieux réfringents, terminés par des surfaces convexes.

XVI. LEÇON.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons paralleles passent d'un milieu rare dans un milieu plus dense, terminé par une surface convexe.

V. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut placer la caisse représentée par la *fig.* 9, de façon qu'un jet de lumiere cylindrique et horizontal, tombe directement sur la surface du verre convexe qui est cimenté à l'un des petits côtés; après quoi on la remplit d'eau.

EFFETS.

Aussi-tôt qu'on a mis l'eau dans la caisse, on observe que la lumiere est convergente et se croise de tous les côtés sur l'axe du cylindre, lequel par cet effet, prend la forme d'une pyramide, dont la pointe se porte en avant dans la caisse, comme on le voit par la *fig.* 18.

CINQUIEME CAS.

XVI. LEÇON.

Si des rayons convergents qui sortent d'un milieu rare sont reçus dans un milieu plus dense, et terminé par une surface convexe.

VI. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Tout étant disposé comme dans l'expérience précédente, il faut faire passer par la surface convexe de la caisse, avant qu'il y ait de l'eau, une pyramide de lumiere, dont le point de convergence soit justement au centre de la convexité, marquer cet endroit avec un index qu'on éleve à côté, et remplir ce vaisseau avec de l'eau claire.

On répete ensuite la même épreuve successivement avec deux autres pyramides de lumiere, dont l'une ait sa pointe en-deçà et l'autre au-delà du centre de la convexité : lorsqu'il n'y a point encore d'eau dans la caisse, l'on marque à chaque fois où se termine la pyramide lumineuse, et l'on finit par mettre de l'eau, comme dans les autres expériences.

XVI. LEÇON.

EFFETS.

Lorsque les rayons de lumiere convergent naturellement au centre de la convexité de la surface réfringente, l'eau qu'on met dans la caisse ne change rien à leur direction, la pointe de la pyramide de lumiere demeure constamment vis-à-vis de l'index *A*, *fig.* 19.

Quand les rayons tendent naturellement à se réunir ou à se croiser, plus près de la surface réfringente que le centre de sa courbure, l'eau qu'on met dans la caisse fait alonger la pointe de la pyramide lumineuse *B*, *fig.* 19.

Et au contraire, on voit cette même pointe s'accourcir, quand on fait la même épreuve avec des rayons qui convergent au-delà de ce même centre *C*, *fig.* 19.

SIXIEME CAS.

Si des rayons de lumiere divergents passent d'un milieu rare dans un plus dense terminé par une surface convexe.

VII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La caisse étant toujours tournée du même sens, et vuide d'eau, il faut y faire entrer par la surface convexe, la lumiere qui commence à diverger au bout de quelqu'une des pyramides dont on a fait usage dans les expériences précédentes, recevoir cette lumiere sur un plan élevé verticalement dans la caisse, à 6 ou 7 pouces de distance de la surface réfringente, et marquer la grandeur du cercle lumineux qu'elle fait sur le plan, avant qu'il y ait de l'eau.

EFFETS.

Lorsqu'on a versé l'eau dans la caisse, le cercle lumineux dont je viens de par-

XVI. LEÇON.

ler, paroît sensiblement diminuer de grandeur.

Si l'on éloigne de plus en plus la caisse du point d'où procedent les rayons divergents, la base de la pyramide qu'ils forment, se rétrécit peu à peu, le jet de lumiere devient cylindrique; et si l'on continue d'éloigner la caisse, les rayons commencent à converger en avant. Voyez la *fig.* 20.

Il résulte de ces trois dernieres expériences: 1°. Que les rayons de lumiere en passant d'un milieu rare dans un milieu plus dense, terminé par une surface convexe, deviennent convergents s'ils étoient paralleles.

2°. Que s'ils sont convergents au centre de la sphéricité du milieu réfringent, ils ne se réfractent point.

3°. Que leur convergence diminue, s'ils tendent à se réunir plus près que le centre de la sphéricité, et qu'elle augmente au contraire, si leur point de réunion naturelle est au-delà de ce même centre.

4°. Enfin que les rayons divergents perdent pour le moins une partie de leur divergence, ce qui peut aller jusqu'à les rendre paralleles et même convergents.

OBSERVATION.

Dans toutes ces expériences où la lumiere prend la forme d'une pyramide, en passant par des surfaces réfringentes dont la courbure est sphérique, on peut observer que l'endroit où les rayons se réunissent et se croisent, n'est pas précisément un point, mais un petit espace circulaire qu'on distingue très-bien, en y présentant un carton blanc, et qui est d'autant moins rétréci, que la surface sphérique qui reçoit les rayons incidents, est plus large.

EXPLICATION.

La position respective des rayons réfractés dépend de la déviation particuliere que chacun d'eux a soufferte; et cette déviation dans un milieu déterminé, est proportionnelle au degré d'obliquité des incidences : or cette obliquité peut varier, ou parce que les rayons tombent avec differentes directions sur une surface droite, ou parce que les parties de la surface réfringente ne sont pas dans un même plan. C'est ce dernier cas qui a lieu dans la

XVI. LEÇON.

V^e expérience. Les rayons de lumiere sont tous dirigés les uns comme les autres, puisqu'ils sont paralleles entr'eux; mais les parties de la surface convexe qui les reçoit, doivent être considérées comme autant de plans infiniment petits et insensiblement inclinés les uns aux autres. Dans un faisceau de rayons paralleles qui se présentent directement à la surface convexe, il y en a un qui tombe perpendiculairement sur une de ces facettes, et qui suit l'axe *A B* de la convexité, *fig.* 21, sans souffrir aucune réfraction; mais c'est le seul à qui cela arrive; tous les autres sont nécessairement inclinés aux parties circonvoisines, parce que celles-ci le sont à celles du milieu, et que les rayons ne le sont point entr'eux.

Les rayons les plus près de l'axe, comme *d e*, ne sont presque point obliques à la surface réfringente; aussi leur réfraction n'est-elle pas fort grande; mais quelque petite qu'elle soit, ou par ce peu d'obliquité ou par la nature du milieu réfringent, il faut toujours que de part et d'autre ils aillent se croiser en quelqu'endroit sur l'axe *A B*. Ce

sera plus près ou plus loin, suivant le pouvoir réfractif du milieu, et la courbure plus ou moins grande de la surface (*a*). XVI. LEÇON.

Si les rayons qui sont un peu plus loin, comme *f g*, ne se réfractoient que de la même quantité, ils deviendroient paralleles à *e d*, et se croiseroient plus loin sur le même axe, ce qui rendroit la pointe de la pyramide fort grosse et mal terminée; mais comme la surface est plus inclinée au rayon incident en *g* qu'en *e*, la réfraction est plus forte, et dans une telle proportion, que ces derniers rayons réfractés viennent se réunir presqu'au même point avec les précédents *e D*.

Je dis presqu'au même point; parce que cela n'est pas, à parler exactement, les inclinaisons successives que donne la courbure circulaire ou

(*a*) *E D*, *fig.* 21, distance du foyer des rayons paralleles pris auprès de l'axe, est à *C D*, distance de ce foyer au centre de la sphéricité, comme le sinus d'incidence est au sinus de réfraction; c'est-à-dire, dans le rapport de 4 à 3, ou à peu près, si le milieu réfringent est de l'eau, ou de 3 à 2, si c'est du verre.

XVI. LEÇON.

sphérique, n'ont point entr'elles le rapport qu'il faudroit pour faire converger au même point les rayons qui sont paralleles dans leur incidence ; on s'en apperçoit sensiblement, quand on suit la marche d'un rayon fort écarté de l'axe, comme *h i*, en l'assujettissant aux loix de la réfraction; on trouve que l'inclinaison de la surface est un peu trop grande en *i*, ce qui fait prendre au rayon réfracté plus de convergence qu'il ne lui en faut, pour se réunir au même endroit que les autres. Voilà pourquoi toutes les pyramides de lumiere que l'on forme par le moyen des surfaces sphériques réfringentes ou réfléchissantes, (quand elles sont fort larges) ne finissent jamais par une pointe bien aiguë, et que ces foyers sont toujours un cercle d'une certaine étendue. Aussi les opticiens qui traitent ces matieres avec l'exactitude géométrique, ont soin de restreindre leur théorie à des portions de lumiere qui n'occupent qu'une petite partie de ces sortes de surfaces.

Dans la VIe expérience, la pyramide de lumiere ne reçoit aucun changement en passant de l'air dans l'eau,

lorsque la convergence naturelle de ses rayons est au centre de la convexité du milieu réfringent ; parce qu'alors la lumiere n'est pas dans le cas de souffrir réfraction, tous les rayons incidents étant comme *A b*, *d h*, *e f*, *fig.* 22, perpendiculaires à toutes les parties de la courbe *f b h*.

Mais quand les rayons de la pyramide ont leur point de convergence naturelle plus près de la surface réfringente, que le centre *C*, comme *i k*, ou plus loin, comme *g l*, alors leur incidence est oblique : dans le premier cas, la pyramide s'alonge, parce que les rayons réfractés s'approchent de la ligne qui est, comme *C d*, perpendiculaire au point d'incidence ; et dans le second cas, elle s'accourcit par la même raison.

Le cercle lumineux de la VIIe expérience diminue de grandeur, quand on met de l'eau dans la caisse ; parce que les rayons qui forment la pyramide dont il est la base, se rapprochent les uns des autres ou de l'axe *A B*, *fig.* 23, en se réfractant vers des lignes semblables à *C c*, perpen-

XVI. LEÇON.

diculaires aux points d'incidence ; et cet effet doit augmenter, à mesure que les rayons incidents deviennent moins divergents, comme il arrive, lorsqu'on éloigne la surface *l b m*, du point d'où les rayons commencent à diverger : voilà pourquoi, lorsque l'on continue d'éloigner la caisse, les rayons réfractés passent d'une moindre divergence au parallélisme, et de-là à la convergence.

Pour savoir ce que deviendroient des rayons de lumiere, tels qu'ils ont été employés dans les trois dernieres expériences, s'ils passoient d'une masse d'eau terminée par une surface convexe, dans une masse d'air contiguë, il n'y a qu'à prendre pour rayons incidents, *fig.* 21, 22 et 23, ceux que nous avons considérés comme rayons réfractés, on verra, par exemple, que des rayons qui seroient paralleles dans le milieu le plus dense, deviendroient convergents, en entrant dans le plus rare, que ceux qui seroient convergents le deviendroient davantage, etc.

APPLICATIONS.

Certains artistes qui ont besoin d'une forte lumiere, et qui travaillent long-temps de suite sur de petites pieces, tels que sont les graveurs et ciseleurs en bijouterie, les metteurs en œuvre, les horlogers, etc., s'éclairent assez communément le soir, avec une lampe dont ils font passer la lumiere au travers d'une bouteille de verre mince, et ronde, qu'on nomme *bocal*, et qu'ils emplissent d'eau bien claire, *fig.* 24, la flamme d'une chandelle, ou d'une lampe, étant placée près de ce vaisseau, jette sur une grande partie de sa surface sphérique des rayons divergents qui le deviennent beaucoup moins, comme ceux de la VIIe expérience ; et par la même cause, cette lumiere perd ensuite le reste de sa divergence, en passant de l'eau dans l'air, parce que de part et d'autre, elle se réfracte, en s'éloignant des lignes *p c*, *p c*, ce qui resserre les rayons dans un plus petit espace, jusqu'à les rendre paralleles ou convergents.

XVI. LEÇON.

Les corps solides qui sont plongés dans des vaisseaux de verre remplis d'eau, ou de quelqu'autre liqueur transparente, nous paroissent pour l'ordinaire sous des figures difformes, quand nous les regardons à travers les parois de ces vaisseaux, (qui sont le plus souvent courbes dans un sens, et droits dans l'autre) parce que certaines dimensions se ressentent plus que d'autres des effets de la réfraction. Soit, par exemple, un vase cylindrique, *fig.* 25, rempli d'eau, dans le milieu duquel on ait suspendu une boule parfaitement ronde, dont le diametre vertical soit *A B*; l'œil recevant l'image de cette ligne par des rayons réfractés dans un même plan *b c*, la verra à peu de chose près dans sa grandeur naturelle; au lieu que le diametre *A B*, *fig.* 26, s'il est horizontal, sera apperçu sous l'angle *A f B*, qui est plus grand que dans la figure précédente, à cause des réfractions qui sont plus fortes en *d* et en *c*, qu'elles ne le sont en *b* et en *c*: ainsi la boule paroîtra fort ovale à quiconque placera l'œil, comme il l'est dans ces deux figures.

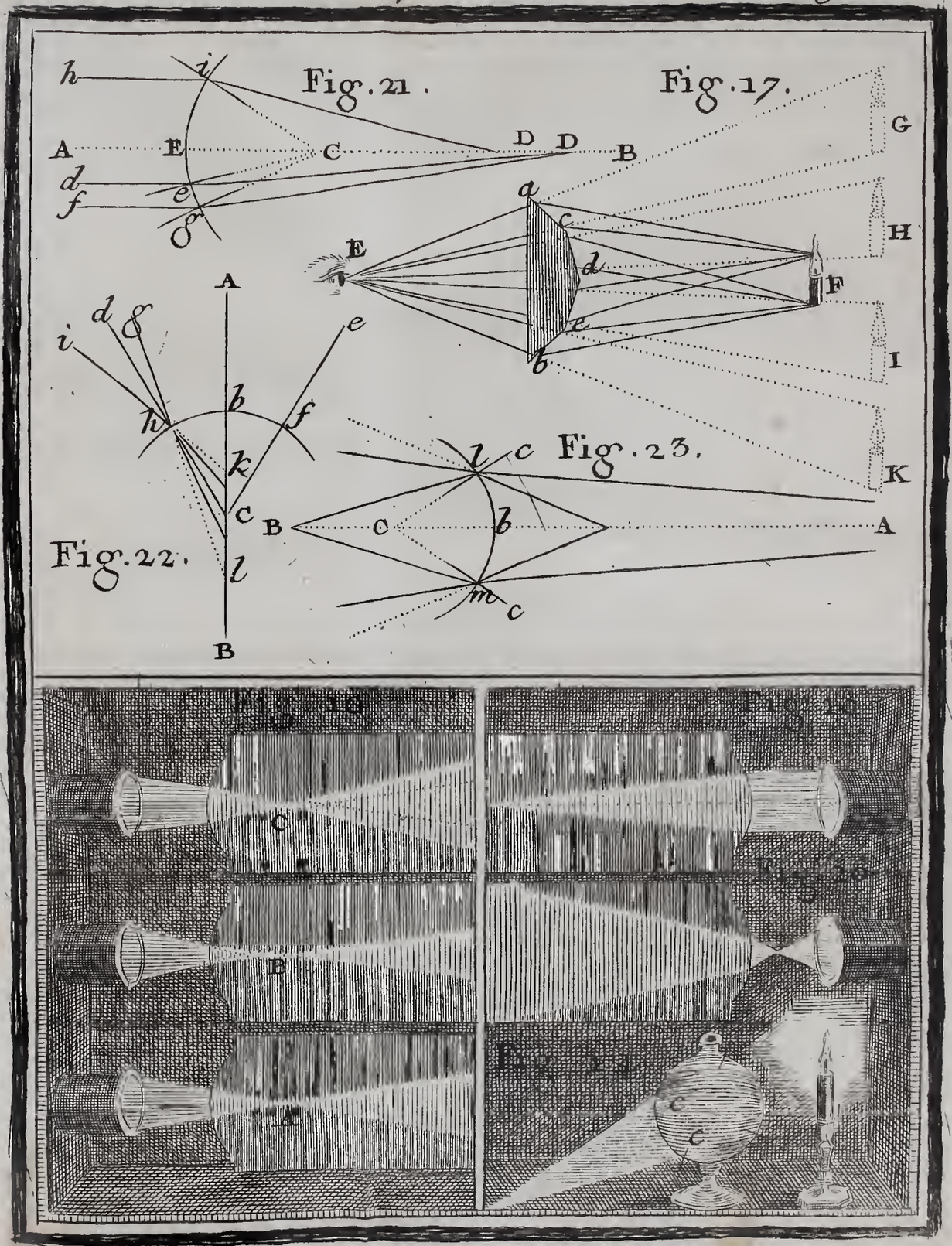


Fig. 21.
h
i
A
E
C
D D
B
d
f
e
g
Fig. 17.
G
H
I
K
a
c
d
e
b
E
F
Fig. 22.
A
B
i
d
g
e
h
b
f
k
c
l
Fig. 23.
l c
B
c
b
A
m
c
Fig. 19
C
B
A
Fig. 18
c
c

Les bocaux, dont j'ai parlé ci-dessus, les boules de lustre qui sont creuses et remplies d'eau, ou qui sont massives de verre, en général tous les corps transparents et arrondis en forme de sphères, ou à peu près, sont capables de rassembler les rayons solaires qui sont presque paralleles, et d'en former des foyers, où s'allument des matieres combustibles; mais ce seroit s'abuser, que de croire, comme je l'ai ouï dire quelquefois, que de tels corps suspendus et isolés au milieu d'un appartement, ont mis le feu aux meubles ou aux lambris: on ne doit point craindre de pareils accidents, quand on saura que le foyer des rayons paralleles qu'ils réfactent, ne s'étend que très-peu au-delà de leur sphere, à une distance qui égale le quart, ou tout au plus, la moitié de leur diametre (*a*), outre que ces foyers sont très-foibles, à cause du grand déchet que la lumiere souffre en traversant une si grande épaisseur.

XVI. LEÇON.

Les opticiens attentifs à ce der-

(*a*) Cela varie suivant la densité, ou le pouvoir réfractif de ces corps.

XVI. LEÇON.

nier effet, ont imaginé un moyen de rendre ces corps réfringents plus minces, sans préjudice à la propriété qu'ils ont de condenser la lumiere, ou de former des foyers. Ils ont considéré, 1°. que quand les rayons incidents les plus écartés de l'axe *A F*; *fig.* 27., rencontrent la surface du verre avec un certain degré d'obliquité, comme de 47 à 48 degrés; au lieu de pénétrer dans son épaisseur, et de s'y réfracter, ils ne faisoient plus que glisser, pour ainsi dire, dessus, et se réfléchir, comme on le voit au point *i*; 2°. que quand un rayon, comme *d e*, entre dans le verre, et s'y réfracte, il continue de se mouvoir en ligne droite jusqu'en *g*, que le trajet soit grand ou petit; parce que la lumiere ne se détourne point dans un milieu homogene. De ces deux considérations, ils ont conclu très-judicieusement, qu'on pouvoit supprimer toute l'épaisseur *c i k l*, comme nuisible au passage de la lumiere, et comme inutile à la réunion des rayons. Ils ont donc rapproché l'un de l'autre les deux segments *c h i*, *k m l*, pour en faire un seul corps d'une

d'une forme lenticulaire *c h i n*, par le moyen duquel les rayons paralleles à l'axe, comme *o p*, se réunissent, non pas aussi près, mais en plus grand nombre, que s'ils avoient eu à traverser la sphere entiere.

En taillant ainsi les verres en forme de lentilles, on en diminue beaucoup l'épaisseur; il y en auroit encore trop cependant, si l'on vouloit laisser aux segments des spheres qui les forment, l'étendue qu'ils devroient avoir pour comprendre tous les rayons solaires qu'ils pourroient réfracter; le diametre *c i* d'une lentille étant la corde d'un arc *c h i* de deux fois 47 ou 48 degrés, l'épaisseur *h n* seroit environ le tiers du diametre de sa sphere: ce qui seroit impraticable dans les grands verres, par la difficulté de les fondre, par le poids énorme qu'ils auroient, etc., et d'un mauvais usage même dans les petits; parce qu'on perdroit plus de lumiere par la grande épaisseur, qu'on n'en gagneroit par l'étendue des surfaces. On se contente donc des segments, beaucoup plus petits, comme *q h r*, par exemple; et alors avec une moindre quantité de

XVI. LEÇON.

rayons incidents, et une plus grande transparence, on parvient à peu près aux mêmes effets.

J'ai déjà remarqué que les surfaces sphériques ne sont pas les plus propres à faire converger les rayons dans le plus petit espace possible : on sait bien celles qui devroient leur être préférées pour cet effet ; mais on a trouvé trop de difficulté à travailler le verre sous la forme qu'il faudroit lui donner ; d'ailleurs, quand cela se pourroit, on ne parviendroit jamais à rendre tous les rayons de la lumiere convergents vers un seul point ; parce que, comme on le verra par la suite, ils ne se rompent pas tous également dans le même milieu.

En traitant du feu dans la 13e. Leçon *, j'ai fait voir qu'il est possible de rassembler dans un petit espace une grande quantité de jets de lumiere, par des miroirs plans arrangés dans un chassis, et inclinés de maniere qu'ils réfléchissent tous les rayons vers le même lieu. On aura, si l'on veut, un effet à peu près semblable par réfraction ; car puisqu'un rayon solaire, en traversant un

* *Tom. IV. pag.* 330.

morceau de verre dont les deux surfaces sont planes et inclinées l'une à l'autre, se plie nécessairement vers le bord le plus épais, en opposant de pareils verres les uns aux autres dans un même bâti, on ménageroit l'inclinaison des rayons réfractés, de maniere qu'ils tomberoient sur un même endroit à quelque distance de la machine : on en voit un exemple en petit dans les verres à facettes, dont j'ai fait mention ci-dessus. Car, en les exposant au soleil, on peut remarquer que tous les jets de lumiere qui passent par les petites faces inclinées à la grande, vont se réunir et se croiser dans un foyer commun : si toutes ces parties du verre étoient plus grandes, séparées les unes des autres, et arrangées dans un cadre, comme elles le sont dans le même morceau, par la façon dont il est taillé, il n'est pas douteux que pareil effet n'arrivât.

XVI. LEÇON.

Quand on veut accourcir et rétrecir le foyer d'un grand verre convexe, on fait passer la pyramide de lumiere qui en sort, par l'épaisseur d'une autre lentille plus convexe ; et

XVI. LEÇON.

alors conformément au résultat de la VIe expérience, les rayons qui tombent sur ce dernier verre avec un degré de convergence, qui les fait tendre au-delà du centre de sa sphéricité, ne manquent pas de s'incliner davantage à l'axe, tant en entrant qu'en sortant; ce qui les réunit plutôt, et dans un plus petit espace : c'étoit ainsi que M. Tschirnausen en usoit pour augmenter l'activité des rayons solaires au foyer de ces grands verres, dont j'ai fait mention en parlant des différents moyens d'exciter le feu. * Mais je ne sais s'il y a tant à compter sur ce moyen; la seconde lentille intercepte beaucoup de rayons; et les foyers les plus rétrecis, quand il n'y a qu'une si petite différence, n'en sont peut-être pas plus efficaces pour les effets qu'on cherche à produire.

* *Tom. IV, 13, Leçon, p. 335.*

L'effet le plus remarquable des lentilles, ou des loupes de verre, celui dont on fait le plus d'usage, c'est de nous faire voir les objets plus grands qu'ils ne nous le paroissent à la vue simple. Cela vient de ce que les rayons qui partent des parties opposées *A a*, *b b*, *c c*, *fig.* 28,

convergents comme *A d*, *a e*, paralleles comme *b d*, *b e*, ou divergents comme *c d*, *c e*, après avoir souffert les deux réfractions, se réunissent de l'autre côté du verre, les uns plus près, les autres plus loin; mais toujours en formant des angles plus grands, que n'en formeroient aux mêmes distances les rayons qui viendroient en droites lignes des mêmes endroits de l'objet : car, par exemple, à la vue simple, l'œil placé en *h* verroit l'objet sous l'angle *A h a*; par le moyen du verre, il l'apperçoit sous l'angle *d h e*, qui est plus ouvert.

Ce seroit encore la même chose, si l'on supposoit l'œil placé en *f*, ou en *g*; mais comme le premier de ces deux points est celui où se réunissent les rayons paralleles, et qu'il n'en peut venir de tels des espaces compris entre *a b* et *A b*, l'objet ne peut y être vu tout entier, s'il est de la grandeur qu'on le suppose ici, par rapport au diametre de la lentille; et l'on verra encore moins du point *g*, où il ne peut arriver que des rayons qui auroient été divergents dans leur incidence, comme *c d*, *c e*.

XVI. LEÇON.

Si vous voyez l'objet au-delà du point *F*, *fig.* 29, qui est le foyer des rayons paralleles, quand la lumiere vient de l'autre côté du verre, vous ne le voyez plus que confusément ; parce que les faisceaux des rayons divergents *l m*, qui procedent de chaque point de sa surface, après les deux réfractions, deviennent, ou paralleles, ou convergents, comme on l'a vu par la VIIe expérience ; et j'ai déjà dit plusieurs fois, que quand ils entrent ainsi dans un œil bien constitué, la vision n'est pas distincte ; il faut qu'en sortant du verre, ils aient encore un peu de divergence, et par conséquent un point de contour, comme *n o*, *p q*.

Ce n'est pas qu'on ne puisse voir distinctement l'image d'un objet, quand le verre a rendu ces faisceaux de rayons convergents entr'eux ; mais alors cette image est entre le verre et l'œil, et elle est renversée. Cela arrive, lorsque par la distance de l'objet au verre, et du verre à l'œil, les faisceaux qui doivent se réunir en quelque endroit après les réfractions, se croisent avant que d'entrer dans la lentille : comme on le voit en *C*,

Fig. 30.

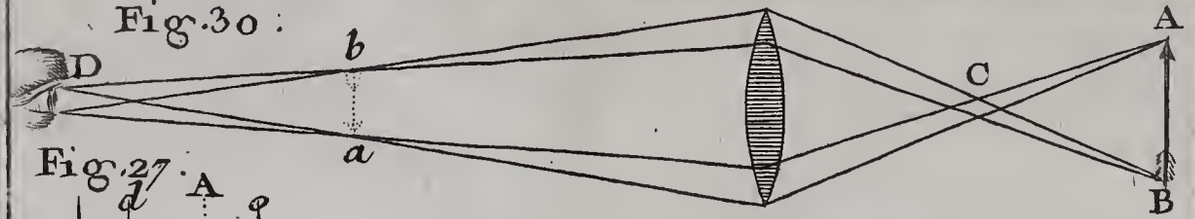


Fig. 27.

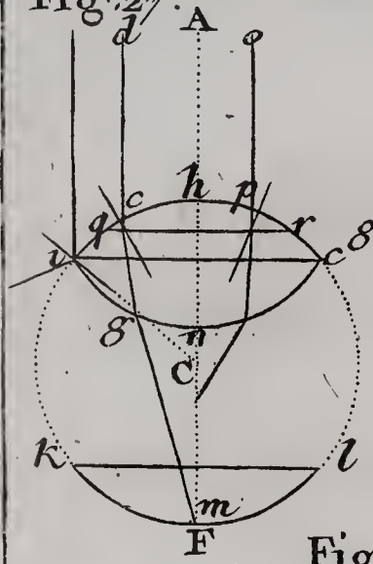


Fig. 28.

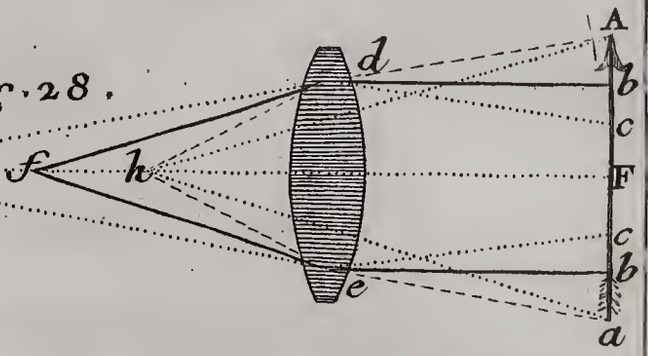


Fig. 29.

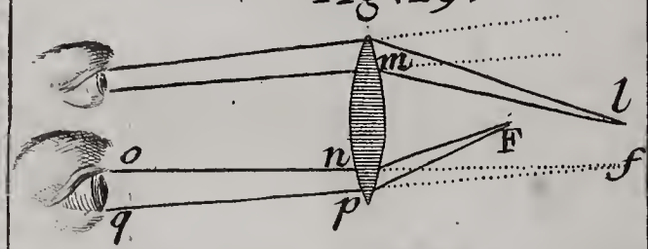
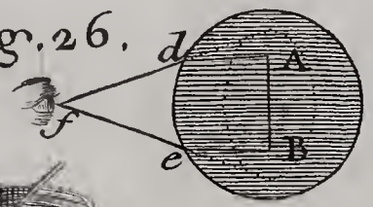


Fig. 26.



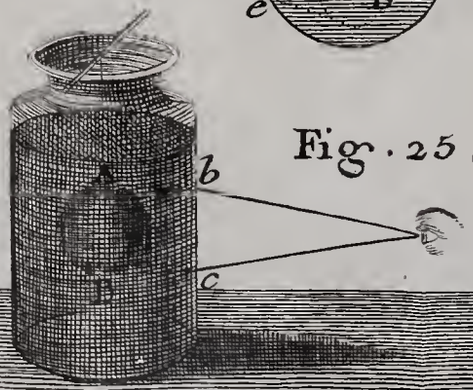


Fig. 25.

Fig. 33.

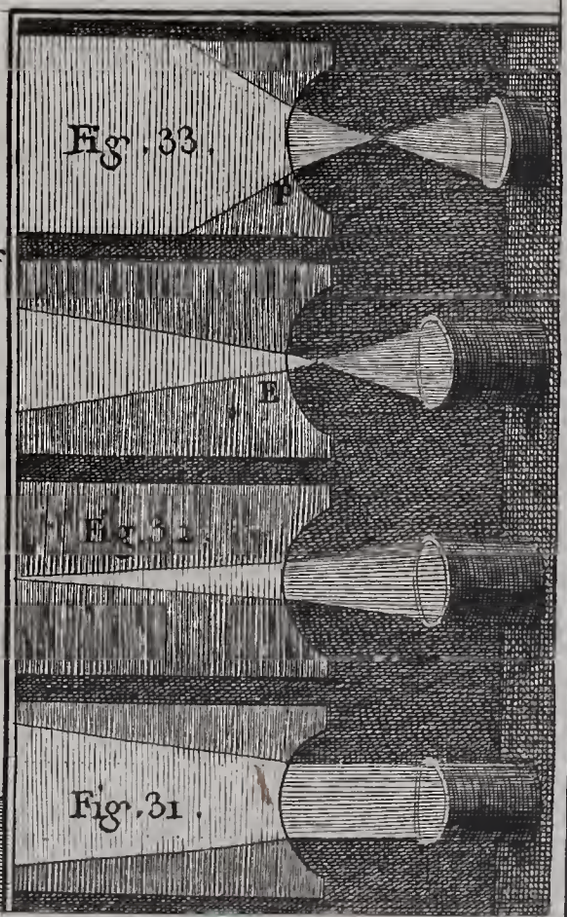


fig. 30, et que les rayons qui composent chacun d'eux, étant devenus convergents, se croisent aussi à une certaine distance, avant que de rencontrer l'œil, comme en *a* et en *b*. A ces derniers points de réunion, ou de croisement, il se forme une image de l'objet que l'on peut recevoir sur un carton blanc, ou voir immédiatement, en plaçant l'œil en *D*, c'est-à-dire, à telle distance où les rayons de chaque faisceau aient repris un degré de divergence à peu près semblable à celui qu'ils auroient, si l'on appercevoit l'objet à la vue simple. L'image *a b* est renversée, parce qu'elle est formée par des faisceaux qui se sont croisés en *C* : ce qui fait que la partie *A* la plus élevée de l'objet est représentée en bas.

Quand l'image est du côté de l'objet, elle est plus loin que lui ; car chaque point de sa surface étant vu par des rayons qui deviennent moins divergents, comme *n o*, *p q*, *fig.* 29, leur point de concours *f*, où nous le rapportons, est plus éloigné que celui d'où ces rayons sont partis ; mais comme ces sortes de verres ampli-

XVI. LEÇON.

fient les images en même-temps qu'ils les éloignent, nous avons peine à sentir ce dernier effet ; parce que nous sommes naturellement portés à croire, qu'un objet connu est plus près de nous, quand nous le voyons plus grand. Pour vaincre ce préjugé, il faut regarder un corps qui soit long et ménu, de maniere qu'on en voie une partie à travers la lentille, et l'autre à la vue simple ; on reconnoîtra que la derniere est plus près de l'œil, que l'image de la premiere.

Les verres convexes font entrer dans l'œil des rayons qu n'y entreroient pas, si l'on voyoit l'objet sans eux : c'est une conséquence nécessaire, de ce qu'ils rendent la lumiere moins divergente ; les rayons réfractés étant plus resserrés entr'eux, la prunelle doit en embrasser ce qui lui auroit échappé. A cet égard on a raison de dire que les loupes, ou lentilles de verre, nous font voir avec plus de clarté ; mais il faut considérer aussi que tous les rayons qui tombent sur leur surface, ne parviennent point à l'œil ; il y en a beaucoup qui sont réfléchis vers l'objet, et

l'épaisseur du verre en absorbe encore une quantité, sans compter ce qui s'en détourne au passage du verre dans l'air ; de sorte que, tout compté, il y a bien des cas où l'on trouveroit à peine ces pertes compensées, par la quantité de lumiere que la réfraction amene à l'œil.

Ce que l'on regarde à travers une lentille, paroît souvent sous une figure difforme, parce que les effets de la réfraction ne sont pas égaux, pour tous les faisceaux de lumiere qui viennent des différentes parties de l'objet à l'œil : c'est ce qui arrive principalement, quand cet objet est grand, et que le verre a beaucoup de convexité ; car alors il est très-rare que tous les points de la surface réfringente se trouvent également éloignés de ceux d'où procedent les rayons, ce qui fait que l'œil rapporte ceux-ci à des distances qui n'ont point entr'elles la même proportion qu'elles ont dans l'objet, parce que la divergence des rayons, qui lui en tracent les images, est diminuée pour les uns plus que pour les autres. La même cause qui altere la

XVI. LEÇON.

figure, peut faire aussi que certaines parties se voyent très-confusément, tandis que d'autres se représentent d'une maniere très-distincte; c'est surtout aux extrémités de l'image que cela s'apperçoit, quand les verres sont d'un foyer court. En pareils cas, on doit encore considérer, que les réfractions qui se font vers les bords de la lentille, ne concourent pas réguliérement avec celles du milieu, ou qui avoisinent l'axe, comme je l'ai déjà remarqué ci-dessus.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles de lumiere passent d'un milieu rare dans un milieu dense terminé par une surface concave.

VIII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Dans cette expérience, comme dans les deux suivantes, on se sert encore de la caisse qui est représentée par la *fig.* 9; mais au lieu de faire tomber le jet cylindrique de lumiere sur le verre convexe qui termine un des pe-

tits côtés, on le dirige dans la concavité de celui qui est à l'autre bout, de maniere qu'il marque sur un plan vertical élevé dans la caisse, un cercle lumineux dont on mesure le diametre; après quoi on met de l'eau à l'ordinaire.

EFFETS.

Aussi-tôt qu'on a versé l'eau dans la caisse, on observe que le jet de lumiere s'est élargi, à compter depuis son entrée dans l'eau, et que le cercle lumineux qu'il marque sur le plan vertical, devient plus grand à mesure qu'on éloigne ce plan de la surface réfringente. Voyez la *fig.* 31.

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergents passent d'un milieu rare dans un milieu dense, qui soit terminé par une surface concave.

IX. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Après avoir seulement ôté l'eau de la caisse, il faut y introduire par le

XVI. LEÇON.

même endroit que ci-dessus, et successivement, plusieurs jets de lumiere, tantôt plus, tantôt moins convergente, semblable à ceux de la VIe expérience, marquer les distances où se terminent les pointes de ces pyramides, et verser de l'eau dans la caisse.

EFFETS.

Quelque grande que soit la convergence de la lumiere qui entre dans la caisse, aussi-tôt qu'on y a mis de l'eau, la pyramide ne manque pas de s'alonger sensiblement ; et l'on peut observer qu'elle prend une forme irréguliere, étant plus menue à son entrée dans l'eau, qu'elle ne le seroit, si les lignes étoient bien droites de sa base à sa pointe, *fig.* 32. Si l'on fait la même épreuve avec des rayons d'une moindre convergence, on les voit s'écarter les uns des autres de plus en plus jusqu'au parallélisme, et même jusqu'à la divergence.

NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergents sortent d'un milieu rare pour entrer dans un milieu plus dense, qui soit terminé par une surface concave.

X. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Tout étant disposé comme dans la derniere expérience, éloignez la caisse jusqu'à ce que la pointe de la pyramide lumineuse où les rayons se croisent, et commencent à diverger, se trouve précisément au centre de la concavité du verre : recevez la base de cette pyramide de lumiere sur un plan élevé verticalement à 7 ou 8 pouces de distance dans la caisse ; mesurez-en le diametre, et mettez de l'eau dans la caisse.

Réitérez l'expérience, après avoir avancé la caisse plus près du point *C*, et ensuite après l'avoir éloignée de ce même point, plus qu'elle ne l'étoit dans la premiere épreuve.

EFFETS.

Dans le premier cas, la caisse étant

XVI. LEÇON.

remplie d'eau, le cercle lumineux ne change point de grandeur, ni la pyramide de forme.

Dans le second, la base de la pyramide devient moins large dans l'eau, qu'elle ne l'étoit dans l'air.

Dans le troisieme, elle s'élargit davantage; et dans l'un et dans l'autre de ces deux derniers, cette pyramide se défigure un peu, comme on le peut voir par la *fig.* 33, en *P* et en *E*.

Il résulte de ces trois dernieres expériences, qu'en passant d'un milieu rare dans un milieu dense terminé par une surface concave, 1.° les rayons paralleles deviennent divergents.

2.° Les rayons convergents perdent une partie de leur convergence.

3.° Les rayons divergents qui ont leur pointe de dispersion au centre de la concavité, ne souffrent aucune réfraction; ceux qui viennent de plus loin que le centre, deviennent plus divergents, et ceux qui divergent de plus près, perdent une partie de leur divergence.

EXPLICATION. XVI. LEÇON.

Dans la VIIIe expérience, les rayons paralleles deviennent divergents en entrant dans l'eau, parce que tombant d'un milieu rare sur la surface d'un milieu dense, qui se présente obliquement à cause de sa courbure, ils se réfractent en s'approchant des lignes *C f*, *C g*, *fig.* 34, qui sont les perpendiculaires à la surface *b h e*; puisque ce sont les rayons prolongés de cette concavité; et comme la même chose se passe pour tous les rayons de lumiere qui sont autour de l'axe *C h*, il résulte de-là une figure conique, dont la base est plus large que celle du cylindre *a b*, *d e*, que forment les rayons incidents.

Nous voyons par la IXe expérience, que des rayons convergents, comme *a b*, *d e*, *fig.* 35, le deviennent moins en passant dans l'eau : cet effet est une conséquence nécessaire, de ce que les rayons réfractés *b i*, *e i*, s'approchent des perpendiculaires *C f*, *C g*. Et quand les rayons incidents ont moins de tendance à se réunir, l'écartement des rayons réfractés doit

XVI. LEÇON.

être plus marqué : on comprend aisément qu'il peut aller jusqu'à les rendre paralleles ou divergents.

On voit enfin par la Xe expérience, que des rayons de lumiere qui divergent du centre même de la surface concave *b h e*, comme *C f*, *C g*, *fig. 36*, ne se réfractent point en entrant de l'air dans l'eau ; c'est qu'ils ne sont pas dans le cas de la réfraction, leur incidence étant perpendiculaire à tous les points de la concavité dont ils suivent les demi-diametres *C b*, *C e*, etc. Mais quand ils ont leur point de dispersion plus près, ou plus loin que le centre *C*, comme *k b*, ou *l b*, ils se réfractent nécessairement en s'approchant de la perpendiculaire *b f :* ce qui fait que, dans le premier cas, les rayons réfractés deviennent moins divergents que les rayons incidents ; et que dans le second, c'est tout le contraire.

APPLICATIONS.

La nature ne nous offre gueres d'exemple de la lumiere réfractée, en passant de l'air dans un milieu plus dense, terminé par une ou deux sur-

faces concaves L'eau et les autres liqueurs transparentes ont presque toujours des superficies planes ; et quand elles remplissent des vaisseaux, ou des bassins dont les fonds sont convexes, à moins que ces fonds eux-mêmes ne soient minces et transparents, pour donner passage à des rayons qui viendroient de plus loin, on ne doit pas s'attendre que ces masses liquides nous montrent des effets qui ayent rapport à ceux que je viens d'expliquer ; mais l'art produit des corps d'une transparence et d'une figure propres à raréfier la lumiere, et qui ont été imaginés dans l'intention de changer en certains cas les directions respectives et naturelles de ses rayons, tels sont les verres qui sont creux par un côté et plans par l'autre, et ceux dont les deux surfaces sont concaves.

Ces sortes de verres ont trois effets remarquables : ils font voir les objets plus petits qu'ils ne le sont, plus près qu'on ne les verroit à la vue simple, et avec moins de clarté. Pour déduire plus facilement de nos expériences les explications de ces apparences, nous supposerons des verres d'une

XVI. LEÇON.

concavité sphérique ; comme ils le sont presque toujours ; et cette concavité égale de part et d'autre, comme on le voit par la *fig.* 37, qui représente la coupe d'un de ces verres, selon l'axe de sa sphéricité.

Toute cause qui diminue la convergence des rayons de lumiere, qui viennent des extrémités d'un objet à l'œil, diminue nécessairement la grandeur apparente de cet objet ; puisqu'alors il est apperçu sous un plus petit angle ; voilà précisément ce que fait un verre concave : car suivant le résultat de la IXe expérience, les rayons *A d*, *B c*, qui concourent naturellement en *D*, deviennent moins convergents, dans l'épaisseur du verre, qu'ils ne l'étoient avant d'y entrer. S'il arrive alors que ces rayons réfractés convergent précisément au point *F*, qui est le centre de l'autre concavité *G H*, ils sortent du verre sans souffrir une seconde réfraction ; mais la grandeur apparente de l'objet est toujours diminuée : il est apperçu sous l'angle *a F b* ; au lieu que, sans l'interposition du verre, il eût été sous l'angle *A F B*, qui est plus grand.

Dans le cas où les rayons réfractés $d f$, $e g$, tendroient à se joindre plus loin que le point F, l'angle visuel deviendroit encore plus petit : car en sortant du verre pour rentrer dans l'air, ces rayons souffriroient une autre réfraction, qui, en les écartant des perpendiculaires $p p$, $q q$, les rendroit encore moins convergents qu'ils ne l'étoient avant leur sortie.

Enfin il peut arriver que la premiere réfraction laisse encore aux rayons $d f$, $e g$, un degré de convergence qui tende à les réunir plus près du verre que le point F : ce qui occasionneroit une seconde réfraction en sens contraire de la premiere ; mais comme l'incidence des rayons $d f$, $e g$, ne peut jamais être aussi oblique sur la surface de l'air $G I H$, que celle des rayons $A d$, $B e$, le doit être sur la surface du verre $C K E$, pour faire naître la circonstance dont il s'agit, la seconde réfraction se trouve indispensablement plus foible que la premiere, et incapable, par conséquent, de la compenser.

Les verres concaves nous diminuent aussi la distance apparente ; parce

XVI. LEÇON.

qu'en traversant leur épaisseur, les rayons divergents qui appartiennent à chaque point visible de l'objet, s'écartent davantage les uns des autres, comme on l'a vu par le 3e résultat de la Xe expérience : de cet effet, il résulte que le point lumineux *A*, *fig.* 38, est apporté en *a*.

Il est vrai, que suivant les deux premiers résultats de la même expépérience, il peut arriver que les rayons qui procedent d'un même point placé à certaines distances d'une surface concave et réfringente, comme l'eau, le verre, etc., conservent leur degré de divergence dans le milieu dense, ou qu'ils en perdent même plutôt que d'en acquérir ; mais ces cas n'ont jamais lieu, quand la lumiere traverse toute l'épaisseur d'un verre dont les deux surfaces sont concaves, pour continuer de se mouvoir dans l'air. Car si le point radieux est placé au centre d'une des deux concavités *C E*, *fig.* 39, et que par cette raison, les rayons *A b*, *A c*, passent directement jusqu'à l'autre surface *G H*, alors leur incidence sur l'air est oblique, et la réfraction qu'ils souffrent indispeusa-

blement, les écarte des perpendiculaires Fp, Fq : ce qui les fait regarder comme s'ils venoient du point a, qui est plus près que celui d'où ils sont émanés.

S'ils viennent de plus près que le point A, et que conformément au 2e résultat, ils perdent, en entrant dans le verre, une partie de leur divergence, l'incidence sur la derniere surface est tellement oblique, que la seconde réfraction leur en rend plus que la premiere ne leur en fait perdre, comme on le peut voir par la *fig.* 40, en considérant que les rayons émergents de, fg, semblent venir du point K, qui est plus près du verre que celui d'où ils sont partis.

Quand le verre est concave d'un côté et plan de l'autre, il produit encore les mêmes effets par rapport à la vision, à la différence près du plus au moins ; car si les rayons convergents le sont encore après la premiere réfraction, comme de, *fig.* 41, en passant obliquement par la surface plane GH, ils se réfractent une seconde fois, en sens contraire de la premiere, mais plus foiblement, parce que l'incidence en e

XVI. LEÇON.

n'est pas si oblique que celle du rayon $b\,d$, sur la surface concave $C\,E$; et par conséquent, le rayon émergent $e\,f$, demeure toujours moins convergent à l'axe $A\,F$, qu'il ne l'étoit avant de renconter le verre.

A l'égard des rayons divergents, quand ils partiroient du centre de la concavité, et qu'ils iroient en droite ligne jusqu'à la surface plane, comme $A\,c$, alors ils ne pourroient manquer de se réfracter, à cause de leur incidence oblique sur $G\,H$, et cette réfraction, comme on le peut voir par la figure, augmenteroit leur divergence.

Enfin ce sont les mêmes effets, soit qu'on présente à la lumiere la surface plane du verre, ou sa surface concave. Si le rayon vient du point F, il se réfracte deux fois, savoir, en h et en g, et s'écarte de l'axe $A\,F$ de la quantité $A\,l$. S'il part du point A, il ne se réfracte qu'une fois en c, mais assez fortement, pour aller en i, cette seule réfraction équivaut aux deux autres; et cette compensation se trouve encore dans les autres cas, soit qu'il y ait deux réfractions contre une, soit qu'il y en ait deux de part et d'autre.

Fig. 34.

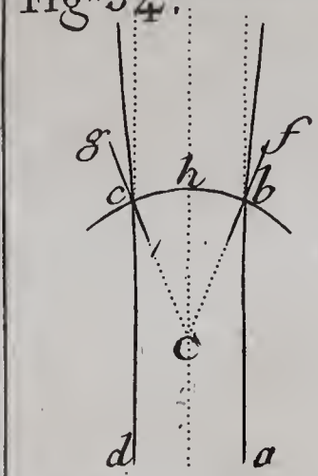


Fig. 35.

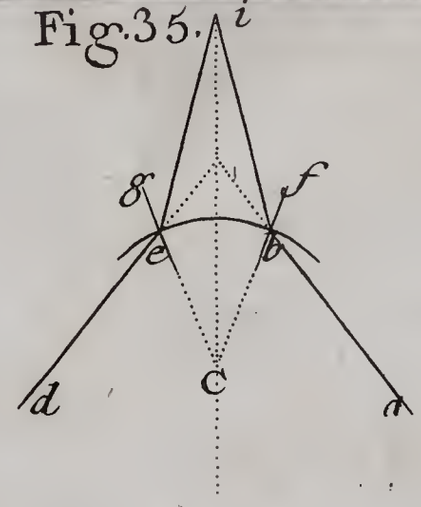


Fig. 36.

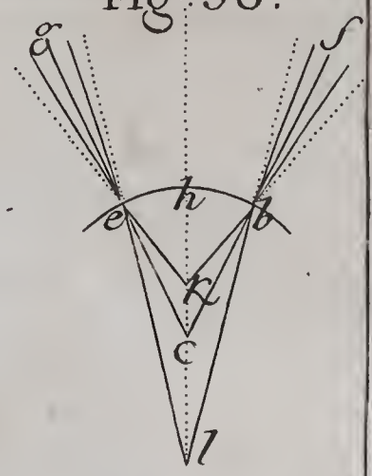


Fig. 38.

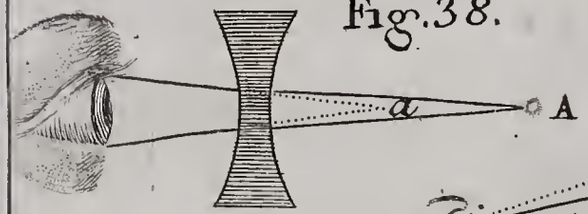


Fig. 37.

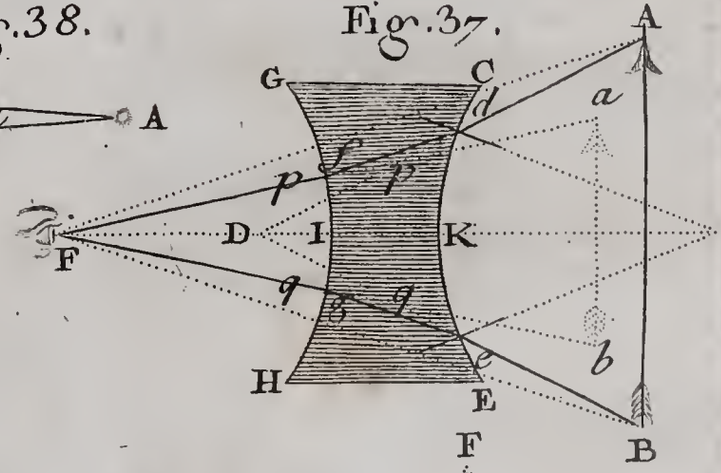
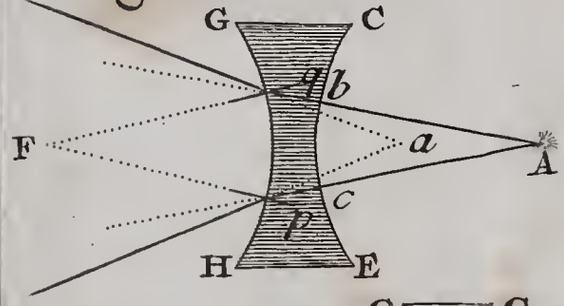
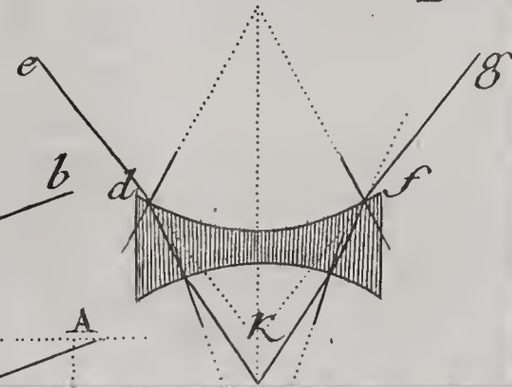


Fig. 39.





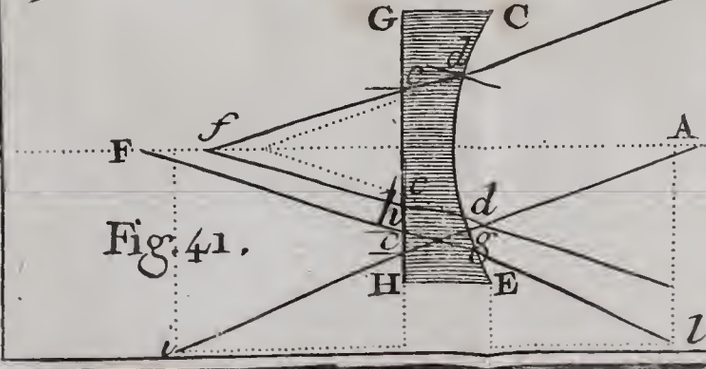


Fig. 41.

Fig. 40.

Quant au degré de clarté, il est évident que les verres concaves doivent la diminuer un peu, puisqu'en augmentant la divergence de la lumiere, ils empêchent qu'il n'en entre dans la prunelle autant qu'elle en pourroit recevoir de chaque point visible, sans leur interposition.

XVII. LEÇON.

Suite des propriétés de la Lumiere.

III. SECTION.

De la Lumiere décomposée, ou de la nature des Couleurs.

XVII. LEÇON.

AVANT Newton, personne n'avoit imaginé que la lumiere pût se décomposer, ni que ses parties séparées les unes des autres se distinguassent par des propriétés constantes et des effets sensibles (*a*). Descartes, et ceux qui avoient raisonné d'après lui sur la nature de cette matiere, l'avoient consi-

(*a*) Vossius avoit bien dit que les couleurs étoient toutes contenues dans la lumiere; mais Newton est le premier qui ait développé cette idée, en faisant voir séparément et distinctement les différentes parties de la lumiere décomposée.

dérée

dérée comme un fluide homogene, mais susceptible de certaines modifications, à l'aide desquelles ils croyoient pouvoir expliquer tout ce qui concerne les couleurs. On supposoit que les globules alignés qui forment les rayons, outre l'impulsion qu'ils reçoivent du corps lumineux, et qu'ils se transmettent en droite ligne, tournoient encore sur leur propre centre; et que de ces deux mouvements combinés et variés à l'infini, par le plus et le moins de vîtesse et de masse, naissoient au fond de l'œil toutes ces différentes impressions, auxquelles nous avons donné les noms de *rouge*, de *jaune*, de *bleu*, etc., avec toutes les nuances qui leur appartiennent.

Il n'y a point d'hypothese qui n'ait son foible et ses difficultés : celle-ci en a sans doute; mais, quoi qu'on ait pu dire contre elle, on doit convenir qu'elle est ingénieuse, simple et naturelle. Après avoir adopté même tout ce que Newton a établi par la voie de l'expérience, un physicien peut encore, sans inconséquence, retenir ce qu'il y a d'essentiel dans cette doctrine : car en reconnoissant plusieurs especes de lumiere, ne peut-on pas supposer que ce

XVII. LEÇON.

qui constitue leurs différences, est une certaine combinaison de mouvements, dont tel ou tel ordre de globules est susceptible, à raison de plus ou moins de masse ou de ressort? comme il est vraisemblable que dans le même volume d'air qu'il y a des particules plus grossieres et d'une élasticité moins vive, par lesquelles se font entendre les sons graves, et d'autres que des qualités différentes rendent propres à transmettre des sons plus aigus. Newton a voulu s'en tenir à des faits, pour rendre raison des couleurs; cela est très-sage: mais si l'on veut aller au-delà, et remonter aux causes de ces faits par des conjectures, celle de Descartes et du P. Malebranche, prises ensemble, me paroissent plausibles à bien des égards: elles ont paru telles à Newton même (*a*). Je les indique au lecteur qui sera curieux de s'en instruire; mais l'expérience ne nous fournissant rien qui établisse solidement ces opinions, je m'arrête avec le philosophe Anglois aux effets sensibles, qui peu-

(*a*) Voyez la treizieme des questions qui sont à la fin de l'Optique de Newton.

vent servir à expliquer les phénomenes de la vision qui ont rapport aux couleurs.

Nous distinguons les objets visibles, non seulement par leurs grandeurs, leurs figures, leurs situations, leurs distances, leurs degrés de clarté, mais encore par une sorte d'illumination, qui fait que chacun d'eux brille à nos yeux d'une façon particuliere, et qui ne dépend pas de la quantité de lumiere qui l'éclaire : c'est ce dernier moyen de visibilité, que la nature varie avec une magnificence sans égale, et dont elle embellit toutes ses productions; c'est, dis-je, cette apparence particuliere des surfaces, que nous nommons *couleur* en général, et dont nous exprimons les especes par les noms de *blanc*, de *rouge*, de *jaune*, de *bleu*, etc.

On est naturellement porté à croire que les couleurs et leurs nuances appartiennent aux corps qui nous les font sentir; que le blanc réside dans la neige, le rouge dans l'étoffe teinte en écarlate, le verd dans l'herbe des prairies, etc., et c'est un préjugé mal fondé à bien des égards : pour savoir

XVII. LEÇON.

ce qu'il en faut rabattre, réfléchissons un peu sur ce qui se passe à l'aspect d'un objet coloré.

La lumiere tombe sur un corps, et le rend visible. Si nous le regardons, alors les rayons qu'il transmet, ou qu'il réfléchit vers nos yeux, y peignent son image, et nous jugeons qu'il est de telle ou telle couleur. Ce jugement n'a jamais lieu si l'objet est éclairé; pendant la nuit, tout est noir, rien n'est coloré: les couleurs dépendent donc de la lumiere; sans elle nous n'en aurions aucune idée.

Elles dépendent aussi des corps; car exposés au même jour, le vin, le cinabre paroissent rouges, tandis que la biere et l'or sont jaunes, et que les champs sont merveilleusement émaillés de fleurs de toutes les couleurs.

Mais tout cela est hors de nous; il ne nous en viendroit aucune notion, si la lumiere transmise ou réfléchie par les objets, ne touchoit l'organe de la vue, pour rendre ces apparences sensibles, et si ces impressions ne réveilloient en nous des idées que nous avons appris à exprimer par

certains termes. Un aveugle, comme l'on sait, n'apperçoit pas les couleurs, et s'il l'a toujours été, les noms qu'on leur donne ne lui en font pas naître l'idée. Disons donc que les couleurs considérées en nous sont des sensations, de même que les saveurs, les sons, les odeurs, etc.

Ces réflexions nous indiquent trois points de vue sous lesquels nous pouvons traiter des couleurs. 1.° Nous pouvons les considérer dans la lumiere ; 2.° dans les corps, en tant que colorés ; 3.° par rapport à celui de nos sens qu'elles affectent particuliérement, et par lesquels nous les distinguons.

ARTICLE I.

Des couleurs considérées dans la lumiere.

J'ai remarqué dans la section précédente, en parlant des corps réfringents taillés en forme de lentilles, que la courbure sphérique ne convenoit pas, pour rassembler dans le plus petit espace possible les rayons de lumiere

XVII. LEÇON.

qui partent divergents de chaque point d'un objet ; que, dans la vue de perfectionner les lunettes ou télescopes de réfraction, les mathématiciens avoient cherché et indiqué d'autres sortes de convexité plus propres à produire cette réunion parfaite ; mais que la difficulté de les faire prendre au verre, avoit empêché qu'on ne mît ces moyens en usage. Newton (*a*), après Descartes (*b*), s'occupa sérieusement de ces recherches, et du soin de procurer, s'il étoit possible, aux artistes des procédés sûrs, pour travailler des lentilles qui rassemblassent les rayons de lumiere, mieux que ne le peuvent faire des segments de spheres. Mais au lieu d'arriver au but qu'il s'étoit proposé, il acquit des nouvelles connoissances qui l'en écarterent davantage ; il découvrit qu'il étoit impossible de réunir parfaitement, comme on le souhaitoit, les rayons de la lumiere, quand même le corps réfringent employé à cet effet, seroit taillé de la maniere la plus convenable pour

(*a*) Principes de la Philos. nat. Liv. I.
(*b*) Dioptrique, chap. 8.

le produire. Il reconnut par des expériences décisives, que la lumiere n'est point homogene dans ses parties, qu'elle en a de plus réfrangibles les unes que les autres ; d'où il arrive nécessairement qu'une lentille de verre, quelle que puisse être sa courbure, lorsqu'elle reçoit un faisceau de rayons venant d'un astre, ou d'un autre corps lumineux, rend les uns plus convergents que les autres, et ne réunit dans un seul point que ceux qui sont de nature à se plier également : « Je m'apperçus, dit-» il, que ce qui avoit empêché qu'on » ne perfectionnât les télescopes, » n'étoit pas, comme on l'avoit cru, » le défaut de la figure des verres, » mais plutôt le mélange hétérogène » des rayons différemment réfrangi-» bles. (*a*) »

Newton fit cette belle et importante découverte, en réfléchissant sur un phénomene connu bien long-temps auparavant, et que l'on voit toujours avec admiration, quand on fait l'expérience que voici.

(*a*) Transact. Philosoph. N°. 80. Ceci peut se rapporter à l'année 1665.

XVII. LEÇON.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Au volet d'une fenêtre exposée au midi, ou à peu près, ou bien au fond *acb* de la caisse représentée par la B *fig.* 6, de la XVe Leçon, Pl. 2, il faut pratiquer un trou rond de 5 à 6 pouces de diametre, pour recevoir la piece *A B*, *fig.* 1, qui s'y arrête avec des vis, ou avec des crochets : cette piece consiste en un tuyau long d'un pied, ou un peu moins, ouvert par les deux bouts, et portant à l'une de ses extrémités une boule de bois qu'il traverse, par le moyen de laquelle il se meut en tout sens dans une double coquille, à la maniere d'un genou.

Ce tuyau, qui peut avoir 2 pouces de diametre, doit répondre dans une chambre fort obscure, et sert à y introduire un jet de lumiere venant immédiatement du soleil, ou réfléchi dans quelqu'autre direction, par le moyen d'un miroir plan de métal, placé dans la caisse, ou sur un support en dehors

de la fenêtre (*a*). On rétrécit l'ouverture *C*, autant qu'on le veut, avec un morceau de bois dur tourné en cul de lampe, évidé comme un entonnoir et garni au bout d'une petite platine de métal, percée au milieu.

Pour les expériences qui doivent se faire dans l'obscurité, ce tuyau mobile vaut beaucoup mieux qu'un simple trou à la fenêtre, parce qu'il empêche que la lumiere réfléchie par les objets ex-

(*a*) La meilleure maniere de faire les expériences dont nous avons à parler dans cet article, c'est d'introduire le rayon solaire immédiatement, et sans le secours d'aucun miroir: c'est ainsi que Newton les a faites, et qu'il a dû les faire, pour avoir des résultats hors de tout soupçon. Mais si la fenêtre n'est pas exposée à peu près au midi, ou que la saison fasse prendre au soleil une hauteur méridienne trop grande, on est obligé de réfléchir le rayon pour le jetter dans une direction convenable: cela se peut faire, quand il ne s'agit que de répéter des expériences connues, et en prenant la précaution de n'employer que des miroirs bien parfaits pour la figure et pour le poli. Ceux de métal, parce qu'ils n'ont qu'une surface réfléchissante, seroient toujours préférables à ceux de glace étamée qui ont une double réflexion, s'ils ne se ternissoient pas aisément.

XVII. LEÇON.

térieurs ne se répande dans la chambre : ce qui peut affoiblir et même faire manquer les effets qu'on cherche à voir.

Au rayon de lumiere introduit dans la chambre par le tuyau dont je viens de parler, on oppose l'angle d'un prisme triangulaire *D*, *fig.* 2, formé d'un morceau de verre solide, dont les faces soient bien dressées et polies le plus parfaitement qu'il soit possible. Voyez la *fig.* 3.

Pour rendre mes prismes d'un usage plus commode, et pour empêcher qu'ils ne se dépolissent, lorsqu'on les pose sur des tables, je fais garnir les extrémités de deux emboîtures de cuivre, au milieu desquelles sont soudées des tiges *E E*, du même métal, qui sont comme l'axe du prisme prolongé de part et d'autre : elles servent à le soutenir, et à le faire tourner entre deux supports élevés perpendiculairement sur une régle *F F*, portée par une tige ronde qui se hausse et se baisse en glissant dans un pied, et qui s'arrête à telle hauteur qu'on veut, par la pression d'une vis *G*. Au haut de cette tige est encore un mouvement de charniere *H*,

semblable à celui de la tête d'un compas, au moyen duquel le prisme s'incline autant qu'on le veut.

L'angle du prisme par lequel on fait passer le rayon solaire, n'a point de grandeur déterminée pour le succès de l'expérience. Celui dont Newton s'est servi étoit presque équilatéral : on peut très-bien réussir avec des angles plus petits; cependant il est bon qu'ils ne soient pas au-dessous de 45 degrés.

Comme le verre est souvent défectueux, soit par les filandres, soit par les bouillons qu'il contient dans son épaisseur, on doit demander aux ouvriers des prismes qui aient 5 à 6 pouces de longueur, avec des faces d'un bon pouce de largeur, afin d'y pouvoir choisir plus aisément des endroits d'une homogénéité convenable.

Au défaut de prismes de verre solide, on en peut faire avec des lames de glace mince, bien dressées, et jointes ensemble par le moyen de quelque mastic : on les remplit d'eau bien claire, ou de quelqu'autre liqueur limpide, dont il faut connoître le pouvoir réfractif.

XVII. LEÇON.

EFFETS.

Lorsque le rayon solaire a traversé l'angle du prisme, au lieu de suivre sa premiere route, et d'aller former en *I* un cercle simplement lumineux, il se releve dans une situation à peu près horizontale, avec les circonstances suivantes :

1°. Ce rayon paroît dilaté en forme d'éventail, et fait sur un carton blanc *KL*, élevé verticalement à 16 ou 18 pieds de distance du prisme, une image longue (*a*) arrondie par en haut et par en bas, comprise d'un bout à l'autre entre deux lignes droites paralleles.

2°. La largeur de cette image égale

(*a*) La longueur de l'image colorée dépend de la grandeur de l'angle du prisme, et de la distance que l'on met entre ce prisme et le carton sur lequel on reçoit la lumiere réfractée; à 16 pieds du prisme, mesure de France, l'image a environ 9 pouces de haut, quand l'angle réfringent est de 64 degrés, et que le rayon incident est autant incliné à l'une des faces que le rayon émergent l'est à l'autre: ce que l'on reconnoît, lorsqu'en faisant tourner le prisme sur son axe, l'image colorée cesse de monter pour commencer à descendre.

le diametre du cercle lumineux que le rayon solaire marqueroit en *I*, s'il ne rencontroit pas le prisme, d'où l'on peut conclure que le rayon n'est dilaté que dans un sens. XVII. LEÇON.

3°. Cette lumiere réfractée, à compter depuis le prisme jusqu'au carton, paroît par bandes diversement colorées; et l'image *M N* qui en est formée, porte les mêmes couleurs dans l'ordre qui suit de bas en haut : rouge, orangé, jaune, verd, bleu, indigo, violet.

EXPLICATION.

Newton ayant répété plusieurs fois, avec beaucoup de soin, l'expérience que je viens de rapporter, trouva que les résultats en étoient très-constants; et après y avoir bien réfléchi, il essaya de les expliquer par les conjectures suivantes. Il lui vint en pensée, que la lumiere pourroit bien être un fluide composé de parties essentiellement différentes; premiérement, par le degré de réfrangibilité; secondement, par la propriété d'exciter en nous le sentiment de certaines couleurs.

En effet, en supposant ces deux

XVII. LEÇON.

points, il est aisé de rendre raison des effets rapportés ci-dessus. Car, 1°. si l'on considere le rayon total qui entre dans le prisme, comme un assemblage de filets de lumiere, qui ne se détournent pas également de leur premiere route, en se réfractant, c'est une nécessité que les uns s'élevent plus que les autres au-dessus de l'espace circulaire *I*, où ils auroient tous été se rendre, sans l'interposition du corps réfringent : et de-là doit résulter cette dilatation de bas en haut, qui donne, comme on le voit, la forme d'éventail à la lumiere réfractée.

2°. Il suit encore de la même supposition, que l'image *M N* doit être beaucoup plus longue que large; parce que le rayon n'étant dilaté que dans un sens, la largeur comprise entre les deux côtés rectilignes ne doit pas excéder le diametre du cercle lumineux qui auroit paru en *I*, sans l'interposition du prisme.

3°. Cette même image doit être arrondie, comme elle l'est en effet, par ses deux extrémités ; car on a tout lieu de croire qu'elle est formée

par des images circulaires, qui anticipent les unes sur les autres en aussi grand nombre, qu'il y a d'especes de rayons différemment réfrangibles : le grand nombre de ces images circulaires, et la contiguité de leurs centres font apparemment qu'on n'apperçoit pas d'angles rentrants, et que les côtés sont sensiblement rectilignes.

4°. Dans la supposition que les filets de lumiere qui composent le rayon incident soient capables de se réfracter les uns plus que les autres, on ne doit pas s'attendre que la lumiere après les réfractions se dilate, ou s'éparpille dans un autre sens que celui de bas en haut : car le prisme ayant ses bases égales et semblables, les surfaces des côtés étant d'ailleurs bien droites, la lumiere qui tombe sur des lignes prises suivant la longueur du verre, pénetre des épaisseurs comprises entre des lignes paralleles : et alors, ou les réfractions sont nulles dans ce sens, ou la seconde rend insensibles les effets de la premiere.

5°. Enfin, si les couleurs qu'on remarque dans l'image *M N* résident

XVII. LEÇON.

véritablement dans la lumiere, et que les rayons divisés et séparés les uns des autres, soient capables de réveiller constamment en nous les idées que nous avons attachées aux noms de rouge, orangé, jaune, verd, etc., quand une fois ils se sont démêlés, en vertu de leur plus ou moins de réfrangibilité, ils doivent paroître véritablement sous ces couleurs, soit qu'on les regarde immédiatement, soit que le carton blanc qui les a reçus les réfléchisse vers nos yeux.

Sur ce pied-là, il y auroit dans la lumiere, telle qu'elle est naturellement, sept especes de rayons capables de produire autant de couleurs.

Ces couleurs s'appelleroient simples ou primitives; l'on attribueroit à leurs différentes combinaisons toutes les autres, qu'on remarque dans la nature.

La lumiere sans couleur, telle qu'elle paroît en venant immédiatement du soleil ou d'un autre astre, seroit celle qui renfermeroit toutes les couleurs simples, par un mélange parfait; et ce qu'on nomme noir, ne

seroit qu'une privation de toute lumiere simple ou composée.

Voilà ce que conçut Newton, en méditant sur l'expérience du prisme; mais quoique ces premieres pensées se présentassent avec un air de vraisemblance capable de séduire; en philosophe qui cherchoit sincérement la vérité, il ne crut devoir s'y arrêter, qu'après avoir bien vérifié tout ce qu'il s'étoit permis de supposer, et qu'après avoir prouvé par des faits ou par des raisonnements décisifs, l'insuffisance des explications qu'on voudroit substituer aux siennes. C'est ce qu'il a fait avec une force et une sagacité digne de son génie, dans un excellent Traité * qui est aujourd'hui entre les mains de tout le monde, et qu'il faut lire entiérement, pour être bien instruit sur cette matiere. J'en ai extrait ce que j'ai cru nécessaire, pour établir solidement le fond du système, et dans le grand nombre d'expériences que l'auteur a produites en preuves, j'ai choisi celles qui m'ont paru les plus belles, les plus concluantes, et dont le succès ne tient point à des manipulations trop

* *Traité d'Optiq. sur la lumiere et sur les couleur. trad. de l'Angla. en Français, par M. Costes.*

XVII. Leçon.

délicates, afin que le Lecteur curieux de les voir, puisse entreprendre de les répéter lui-même, sans craindre de les manquer.

Toute la théorie dont il s'agit ici, roule sur deux points capitaux, que voici : 1.° La lumiere est composée de rayons plus réfrangibles les uns que les autres. 2.° Chaque rayon est d'une couleur déterminée, dont se teignent les objets qu'il éclaire. Examinons avec Newton, si ces deux apparences qu'on remarque dans l'expérience du prisme, sont des modifications accidentelles de la lumiere, comme on le pourroit croire, ou bien des propriétés inhérentes que rien ne puisse changer.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Ayant tout disposé, comme dans la premiere expérience, on reçoit la lumiere réfractée sur l'angle d'un second prisme *AB*, placé à un pied de distance du premier, ayant son axe dans une situation verticale, comme il est représenté par la *fig.* 4.

EFFETS.

Tous les rayons qui viennent du premier prisme étant reçus sur le second, se détournent de côté, et vont former sur un carton blanc qu'on leur présente, une image semblable par ses dimensions, et par l'arrangement de ses couleurs, à celle de la premiere expérience, avec cette seule différence, qu'elle n'est plus dans une situation verticale, mais inclinée.

EXPLICATION.

Les deux prismes se croisant à angles droits, les réfractions causées par le second ne peuvent manquer de faire aller de droite à gauche, ou de gauche à droite, les rayons que le premier a détournés de bas en haut: voilà pourquoi la situation de l'image, qui étoit verticale dans l'expérience précédente, est devenue oblique dans celle-ci. Mais ce qu'il y a d'essentiel à observer ici, c'est que les couleurs sont toujours les mêmes; que leurs positions respectives ne sont point changées, et que l'image est constamment de la même largeur; car, comme

XVII. LEÇON.

il n'est pas douteux que dans la première épreuve la portion jaune du rayon de lumiere s'est séparée de la rouge et de la bleue, parce qu'elle s'est réfractée moins que celle-ci, et plus que celle-là, si toutes les couleurs gardent constamment le même ordre entr'elles, dans quelque sens qu'on les réfracte après leur séparation, n'a-t-on pas tout lieu de croire qu'elles sont inaltérables, et qu'elles appartiennent inséparablement aux rayons qui les portent ? et si la longueur de l'image colorée venoit d'une simple dilatation ou éparpillement de la lumiere réfractée, comme l'ont prétendu quelques auteurs, on ne voit pas pourquoi le second prisme ne produiroit point en largeur ce que le premier a fait en hauteur. Il devroit étendre la portion rouge, la jaune, la verte, etc., en autant de bandes aussi longues que la premiere image *M N*, et le tout ensemble devroit former un quarré comme *M m N n* ; au lieu qu'on répond à tout, en disant que ces portions de lumiere colorée étoient d'abord réunies et mêlées ensemble dans l'espace circulaire qu'on voit en

I. fig. 3, et que les réfractions plus fortes par degrés n'ont fait que les transporter les unes au-dessus des autres, sans amplifier les cercles qu'elles étoient capables de former : l'expérience même vient à l'appui de cette explication. Avec un peu de soin et d'adresse, il est possible de voir successivement la plupart des cercles colorés, dont on suppose ici que l'image totale *MN* est formée, en procédant de la maniere suivante.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Répétez la premiere expérience : ayez des morceaux de verre fort épais, dont un soit rouge, un autre verd, un troisieme d'un bleu extrêmement foncé : assurez-vous que ces verres ont des surfaces bien planes et paralleles entr'elles, et présentez-les successivement aux rayons réfractés à un pied de distance après le prisme.

EFFETS.

Chacun de ces verres ne laisse passer que l'espece de lumiere dont la

XVII. LEÇON.

couleur est analogue à sa transparence (*a*) ; et le carton blanc sur lequel on la reçoit, ne représente à chaque épreuve qu'un cercle (*b*), uniformément coloré, dont le diametre égale celui du cercle lumineux qui paroît en *I*, quand le rayon solaire y va en droite ligne et sans réfraction. De plus on remarque que le cercle verd se va placer sur le carton plus haut que le rouge, et plus bas que le bleu; de sorte qu'on peut légitimement conclure de cette expérience, que si l'on avoit autant de corps différemment colorés et transparents, qu'il y a de différentes especes de rayons dans la lumiere, on auroit, les

(*a*) Pour faire cette expérience avec succès, il faut choisir des verres très-foncés en couleurs, sans quoi les rayons rouges et les jaunes qui sont très-forts, passent en partie et font un cercle foible de leur couleur, qui couvre un peu celui qu'on a intention de voir seul.

(*b*) Quand on fait cette épreuve, on doit avoir soin de tourner le prisme sur son axe, jusqu'à ce que l'image cesse de monter, pour commencer à descendre; sans quoi, au lieu d'un cercle, on auroit un ovale; et avec cette précaution même, l'image circulaire dont je parle, n'est point renfermée dans un cercle pris à la rigueur mathématique.

uns après les autres, tous les cercles dont l'image *MN* est composée.

Les rayons conservent constamment leur degré de réfrangibilité et leurs couleurs propres, non seulement après une seconde réfraction, comme on l'a prouvé par la seconde expérience, mais encore après une troisieme, une quatrieme, etc. « J'ai » mis quelquefois, dit Newton, un » troisieme prisme après le second, » et un quatrieme après le troisieme, » afin que par tous les prismes l'i- » mage pût être souvent rompue de » côté; mais les rayons qui souf- » froient dans le premier prisme une » plus grande réfraction que le reste, » en souffroient une plus grande dans » tous les autres prismes; et cela sans » que l'image fût aucunement dilatée » de côté. C'est donc à juste titre, con- » clut-il, que ces rayons constants à » être plus rompus que les autres, sont » réputés plus réfrangibles (*a*) »: ce qui se peut encore prouver de la maniere suivante.

(*a*) Traité d'Opt. Liv. 1. Part. 1. Prop. 2.

XVII. LEÇON.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Ayant réfracté, comme dans la Ire expérience, un rayon solaire de la grosseur du doigt, on éleve verticalement, un peu plus loin que le prisme, une planche mince, d'environ un pied de large en tout sens, percé au milieu d'un trou rond qui ait à peu près un quart de pouce de diametre pour recevoir et transmettre une partie de la lumiere réfractée. A 10 ou 12 pieds de-là, vers le fond de la chambre; il faut élever une pareille planche, par le moyen de laquelle on puisse encore intercepter une grande partie de la lumiere qui aura passé par l'ouverture de la premiere, et placer derriere, vis-à-vis du trou, l'angle d'un autre prisme, pour réfracter encore la petite portion de lumiere colorée qui sera transmise. Voyez la *fig.* 5.

Les planches dont il est fait mention ici, et dont on n'a marqué que les places et la situation, par les lignes PQ, pq, sont garnies par en-bas d'une tige de métal qui s'enfonce plus

plus ou moins dans un pied, et qui s'arrête à telle hauteur que l'on veut, par la pression d'une vis *O*, *fig.* 6; le trou qui est au milieu a près d'un pouce de diametre, se rétrécit à volonté, par le moyen d'une platine de cuivre mince, taillée en demi-cercle, ayant vers la demi-circonférence plusieurs trous de différentes figures et grandeurs, et tournant sur le centre du cercle dont elle fait partie, de maniere que tous ses trous peuvent répondre l'un après l'autre à celui de la planche.

En faisant tourner doucement le premier prisme sur son axe, on doit faire ensorte que les rayons réfractés passent successivement par le trou *X* de la premiere planche, et de-là par celui de la seconde, jusqu'au prisme *stv*, et prendre soin que ces trois pieces, savoir: les deux planches et le second prisme, demeurent bien fixes, afin que tous les rayons qu'on veut éprouver, ayent toujours une incidence égale sur la face *st*.

On doit encore opposer à quelques pieds au-delà un carton blanc, comme *Yy*, pour recevoir les rayons qui auront été brisés par le dernier prisme, et

XVII. LEÇON.

marquer exactement la place où chacun d'eux ira se rendre.

EFFETS.

En procédant de cette maniere, on observe constamment que le rayon rouge s'éleve au point *Z*, le jaune un peu plut haut, le bleu et le violet encore davantage.

Il paroît donc évidemment par cette expérience que les rayons qui se sont le plus rompus, en passant par le premier prisme, sont aussi ceux qui souffrent les plus grandes réfractions, en passant par le second. Ajoutons encore une preuve à celles que je viens de rapporter.

V. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Prenez une bande de carton de la largeur de deux doigts, et longue de 5 à 6 pouces : partagez-en la longueur en deux parties égales, par une ligne perpendiculaire aux deux côtés, comme *AB*, *fig.* 7. Collez sur l'une de ces deux moitiés *ABCD*, un morceau de drap teint en gros bleu, et couvrez

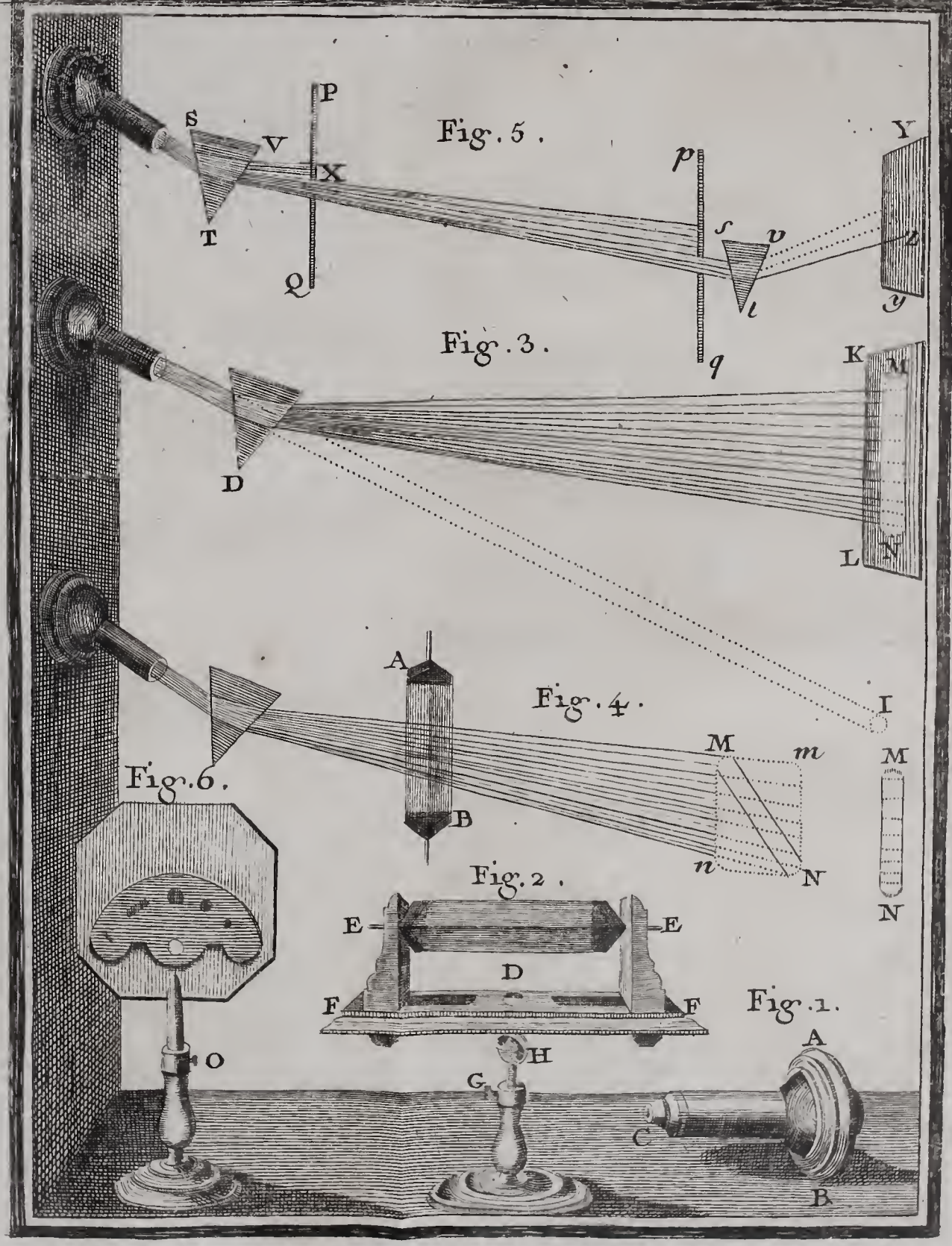


Fig. 5.
P
S
V
X
T
Q
p
Y
s
v
z
l
y
q
Fig. 3.
K
M
D
L
N
Fig. 4.
A
I
M
m
B
n
N
Fig. 6.
Fig. 2.
E
E
D
F
F
Fig. 1.
O
H
G
A
C
B

l'autre avec du drap teint en écarlate, ou en cramoisi. Placez cette piece sur le plancher d'une chambre à 5 ou 6 pieds de la fenêtre, de maniere que le jour tombe bien dessus ; puis, en vous reculant 8 ou 10 pieds plus loin, vers le fond de la chambre, regardez-la à travers l'angle d'un prisme, dont la longueur soit parallele à celle du carton de deux couleurs, et l'un et l'autre encore paralleles à l'horizon et à la largeur de la fenêtre. Voyez la *fig.* 7.

EFFETS.

Si l'angle réfringent du prisme est tourné en haut, comme *E*, l'image du carton paroît élevée vers *F*, et la partie *abcd* qui est bleue, l'étant davantage, semble se séparer de l'autre.

EXPLICATION.

L'œil qui regarde par le prisme, apperçoit le carton *CDGH* par des rayons de lumiere, qui tombant de la fenêtre sur cette surface rouge et bleue, sont réfléchis vers lui ; mais comme cette lumiere se brise dans l'angle du prisme, avant que d'arriver

XVII. LEÇON.

à lui, il voit l'objet dans la direction des rayons réfractés, c'est-à-dire, plus haut que son vrai lieu. Si ce premier effet de la réfraction étoit égal pour tous les rayons tant bleus que rouges, chaque point de la surface *CDGH* conserveroit sa premiere position dans l'image, laquelle seroit par-là d'une figure tout-à-fait conforme à celle de son objet. Mais puisque la partie *abcd* paroît plus élevée que l'autre, c'est une marque certaine que la réfraction a été plus forte pour la lumiere bleue que pour la rouge; et si l'on doutoit que ce fût la vraie raison de cet effet, on pourroit s'en convaincre aisément, en couvrant la partie *ABCD* successivement avec des morceaux de drap vert, jaune, rouge; car on verra, si l'on en fait l'épreuve, la partie correspondante *abcd* de l'image se rapprocher du niveau de l'autre, à mesure que la couleur indiquera une lumiere d'une réfrangibilité moins différente ou plus analogue.

On voit donc par toutes ces preuves, que les rayons de lumiere qui se distinguent par des couleurs propres,

different aussi très-constamment par leurs degrés de réfrangibilité, et que cette différence est entr'eux, non un accident, mais une propriété qui tient à leur nature, et que rien ne peut faire changer. L'image oblongue de la premiere expérience conserve toujours ses couleurs dans le même ordre, quoique les rayons dont elle est formée, se réfractent de nouveau, en passant par un ou par plusieurs prismes.

La même chose se voit encore, si l'on emploie des miroirs de toutes les formes imaginables, pour les réfléchir. La figure de l'image et sa grandeur peuvent varier suivant la nature des surfaces réfléchissantes; le miroir convexe l'affoiblit en l'amplifiant; parce qu'en général il raréfie la lumiere: le concave la resserre de plus en plus jusqu'à un certain point, après quoi il la renverse, et l'agrandit en diminuant son éclat: le miroir cylindrique lui donne l'apparence d'un bel arc-en-ciel: mais dans tous ces changements, les couleurs se conservent les mêmes, et gardent toujours leurs positions respectives; ce qui garantit au rayon de lumiere des degrés de réfrangibilité inaltérables.

XVII. LEÇON.

Newton, en éprouvant par la réflexion ces différents degrés de réfrangibilité, qu'il avoit découvertes dans la lumiere, trouva de plus que les rayons les plus réfrangibles étoient en même-temps les plus réflexibles ; c'est-dire, qu'à incidences égales, les bleus, par exemple, qui se réfractent plus que les rouges, se réfléchissent aussi plutôt qu'eux. Voici comme il s'assura de cette nouvelle découverte.

VI. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Ayez un prisme rectangulaire, comme *IKL*, *fig.* 8, placez-le sur son support, de maniere qu'un rayon solaire un peu moins gros que le petit doigt, introduit, comme il a été dit ci-dessus, dans une chambre bien fermée, tombe perpendiculairement ou à peu près, sur un des côtés *IK*, et se réfracte en *M*, pour former une image colorée sur un carton blanc *NN* élevé verticalement 5 ou 6 pieds plus loin. Faites tourner ensuite doucement le prisme sur son axe dans

l'ordre des lettres *I K L*, et préparez un autre prisme, dont les deux plus grandes faces forment entr'elles un angle d'environ 55 degrés, comme *T V X*.

EFFETS.

Lorsqu'en faisant tourner le prisme *I K L*, on fait faire un rayon solaire incident avec la base *I M* du prisme, un angle qui atteint à 50 degrés, une partie des rayons qui s'étoient réfractés vers le carton *N N*, se réfléchissent en droite ligne du point *M* vers *O*.

Alors si l'on oblige cette lumiere réfléchie à passer par le second prisme *T V X*, elle s'y réfracte, et se fait voir avec ses différentes couleurs sur un autre carton blanc *P P*, qu'on lui oppose, avec ces deux circonstances qu'il faut bien remarquer. 1°. Les rayons violets et les bleus arrivent les premiers, et vont se placer vers *q*; les verds et les jaunes au-dessous, comme en *r*, et en dernier lieu les rouges qui se placent encore plus bas en *s*. 2°. Les rayons qui passent par réflexion vers le second prisme, paroissent manquer en même-temps à l'image

XVII. LEÇON.

colorée du carton $N N$; de sorte que ce qui disparoît d'obord en Q, commence à se faire voir en q, et que ce qui se perd ensuite en R et en S, se retrouve aussi-tôt en r et en s.

EXPLICATIONS.

Quand le rayon solaire incident fait un angle un peu plus grand que de 50 degrés, avec la base IM du prisme, il tombe presque à angles droits sur le côté IK: ce qui rend sa réfraction nulle ou insensible; c'est pourquoi il passe en droite ligne jusqu'en M. Mais en sortant fort obliquement de la base IL, il se réfracte à proportion; et c'est par cette raison qu'il se dilate comme dans la premiere expérience, faisant sur le carton NN une image de diverses couleurs, dont les bleus et les violets occupent la partie la plus élevée Q; les jaunes et les rouges, la partie la plus basse S; et les verds, la partie moyenne R.

Dès qu'en tournant le prisme sur son axe, on fait faire au rayon incident un angle un peu moindre que de 50 degrés avec la partie MI de la base

du prisme, la lumiere ne passe plus en totalité du verre dans l'air; une partie se réfléchit en droite ligne du point *M* vers *O*; je dis en droite ligne, parce que traversant le côté *KL* à angles droits, ou à très-peu près, elle ne se réfracte point sensiblement, quoiqu'elle passe du verre dans l'air.

Or si toute la lumiere du rayon incident étoit également réflexible, pourquoi ne se releveroit-elle pas entiérement du premier coup? Pourquoi les parties de l'image qu'on voit sur le carton *NN*, ne disparoîtroient-elles que successivement, et à mesure qu'on donne au rayon incident une plus grande obliquité?

Il est donc certain qu'il y a dans la lumiere des parties plus réflexibles les unes que les autres; puisqu'à incidences égales, toutes celles du rayon solaire employé dans notre expérience, ne se réfléchissent pas ensemble.

Et puisque les rayons violets et les bleus, qui sont reconnus pour être les plus réfrangibles, sont aussi les premiers à se réfléchir; que les jaunes et les rouges, qui se réfractent le moins, ne se réfléchissent jamais qu'après les

XVII. LEÇON.

autres. On peut dire en général avec Newton, que la lumiere est composée de parties hétérogenes, dont les différences se manifestent par des degrés constants de réfrangibilité et de réflexibilité, et que celles-là sont de leur nature les plus réflexibles, qui sont les plus réfrangibles.

Outre ces différences qui établissent l'hétérogénéité de la lumiere, et que je viens de prouver par des faits qui me paroissent décisifs, il y a encore celle des couleurs, qui n'est pas moins constante, et qui fait le principal objet de cet article. Suivons toujours le savant auteur qui nous l'a fait connoître, et rappelons ici quelques-unes de ses preuves; mais auparavant, convenons avec lui de quelques termes nécessaires pour nous faire mieux entendre.

Nous appellerons *lumiere hétérogene* ou *composée*, celle qui vient immédiatement d'un astre, et qui ne fait sentir aucune couleur.

Nous nommerons *lumiere homogene* ou *simple*, celle qui a été démêlée par la réfraction ou autrement, et qui paroît sous une de ces sept cou-

leurs, rouge, orangé, jaune, verd, bleu, indigo, violet.

Comme l'image colorée, formée par les rayons réfractés dans la premiere expérience, résulte d'une suite de cercles de diverses couleurs, couchés en partie les uns sur les autres; on doit penser que les rayons d'un certain ordre sont mêlés avec ceux des autres especes qui précedent et qui suivent, et qu'il n'y a tout au plus que les deux extrémités de cette image, qui puissent fournir une lumiere homogene ou simple : si l'on veut donc éprouver quelqu'une de ces especes séparément des autres pour voir si sa couleur est indécomposable, il faut choisir l'extrême rouge ou l'extrême violet, ou bien trouver quelque moyen par lequel on puisse compter avoir les autres couleurs entiérement séparées : le premier parti est le plus facile à prendre, et celui qui convient le mieux, quand on veut se contenter de faire voir l'immutabilité de la couleur dans une ou deux especes; mais si l'on prend à cœur de faire la même chose pour toutes, on en peut venir à bout, en procédant de la maniere suivante.

XVII. LEÇON.

VII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Introduisez dans une chambre bien obscure un rayon solaire de la grosseur d'une plume à écrire : à 10 ou 12 pieds de la fenêtre par où passe ce rayon, recevez-le sur une lentille de verre *AB*, *fig.* 9, qui ait son foyer à 3 ou 4 pieds de distance : immédiatement après cette lentille, présentez un prisme *CD*, à travers lequel le cône de lumiere formé par la lentille soit obligé de passer, et recevez la lumiere réfractée sur un carton blanc, que vous tiendrez à une distance à peu près égale à celle du foyer de la lentille.

EFFETS.

Le cône de lumiere réfracté par le prisme, produit sur le carton une image oblongue et fort étroite, dont les couleurs sont plus distinctes qu'elles n'ont coutume de l'être, quand on fait la même expérience sans faire passer les rayons incidents par une lentille.

EXPLICATION. XVII. LEÇON.

Si le jet de lumiere qui vient par la fenêtre ne rencontroit ni lentille, ni prisme, il iroit en droite ligne former le cercle lumineux *abcd*. En passant par la lentille, cette lumiere devient convergente, et se rassemble dans un petit espace au centre de ce cercle: lorsqu'on fait passer ensuite ce cône total de lumiere par un prisme, il se réfracte et se divise en autant de cônes particuliers, qu'il y a d'especes de rayons et de nuances dans chaque espece. Or, comme ces especes sont au nombre de sept, avec une infinité de nuances intermédiaires, on doit penser que l'interposition du prisme après la lentille, occasionne un nombre infini de cônes, à la pointe desquels chaque espece de lumiere se trouve concentrée dans un très-petit espace circulaire; et comme les centres de ces cercles demeurent aussi distants les uns des autres dans l'image rétrécie *ef*, *fig.* 10, que dans la plus large, *EF*, produite sans lentille et par la seule interposition du prisme, il est évident que

XVII. LEÇON.

la lumiere de chaque espece doit être non seulement plus forte, étant concentrée par la lentille, mais aussi plus pure et plus dégagée des autres, puisque les petits cercles, qui expriment les especes entre *ef*, n'anticipent pas les uns sur les autres, comme ceux qui sont compris entre *EF*.

En usant de ce moyen pour avoir les couleurs plus séparées les unes des autres, si l'on trouvoit l'image *ef* trop étroite, on peut la rendre plus large, en faisant passer le rayon solaire qui entre dans la chambre, non par un trou rond, mais par une ouverture étroite et longue, ayant attention que la longueur soit parallele à celle du prisme. Alors l'image *ef* prendra la forme d'un quarré long, comme *ghik*, *fig.* 11, les couleurs seront par bandes, aussi vives et aussi pures qu'auparavant, et l'on pourra sûrement et commodément faire des épreuves sur toutes les couleurs, excepté peut-être l'indigo et le violet, qui sont des lumieres très-foibles d'elles-mêmes, et qui s'alterent aisément par le mêlange presqu'inévitable de celle qui se répand irrégulièrement dans la chambre.

Cet effet, dont je donne pour garants la parole de Newton (*a*) et ma propre expérience (*b*), tient pourtant à quelques conditions qu'il est bon d'annoncer ici. Il faut que l'ouverture,

XVII. LEÇON.

(*a*) Traité d'Optique sur la lumiere et sur les couleurs. *Liv.* I, *part.* I, *exp.* 2.

(*b*) Il y a plus de 25 ans que je répete cette expérience, et que je vois le résultat énoncé ci-dessus, conformément à ce qu'a dit Newton. Cependant un auteur célebre que j'estime beaucoup, m'a cité, il n'y a pas long-temps, comme lui ayant dit qu'elle ne me réussissoit pas. Je ne me souviens nullement ni de ce qu'il m'a demandé à cet égard, ni de ce que je lui ai répondu : mais comme je vois par la lecture de son ouvrage, qu'il a cherché dans cette expérience un autre résultat que celui qui est annoncé par Newton, il peut se faire que je lui aye répondu négativement, lorsqu'il m'aura demandé, sans autre explication, si j'étois jamais venu à bout de produire l'effet qu'il avoit en vue. Je suis forcé de mettre ici cette note, parce qu'un auteur Hollandois, qui a plublie *les Eléments de Philosophie*, fondé apparemment sur ce mal-entendu, me met au rang de ceux qui disent avoir tenté sans succès l'expérience dont il s'agit, et me fait partager avec le R. P. Castel et M. Gauthier, l'honneur, auquel je ne pétends pas, d'avoir pris Newton en défaut.

XVII. LEÇON.

par laquelle passe le rayon solaire, soit au plus d'une ligne de large; que la lentille soit environ à 12 pieds plus loin; que son foyer soit un peu long, comme de 9 à 10 pieds; que l'angle réfringent du prisme ait au moins 60 degrés. Tout cela étant observé, on trouve que l'image *ef* est un peu plus de 70 fois plus longue que large; et l'on est en droit de conclure que chaque espece de lumiere y est, dans la même proportion, plus simple que celle qui vient immédiatement du soleil.

Pour réussir encore avec plus de sûreté, il faut que la chambre soit bien obscure, que le prisme et la lentille soient bien travaillés, d'un verre homogene et bien net, et couvrir, avec du papier noir collé, toutes les parties de ces instruments, qui sont inutiles à l'expérience, de peur que quelques portions du jet de lumiere, réfractées ou réfléchies irréguliérement, n'alterent ou n'empêchent les effets qu'on attend.

Pour savoir maintenant jusqu'à quel point les couleurs sont fixes et inaltérables dans la lumiere, on peut les soumettre aux épreuves suivantes.

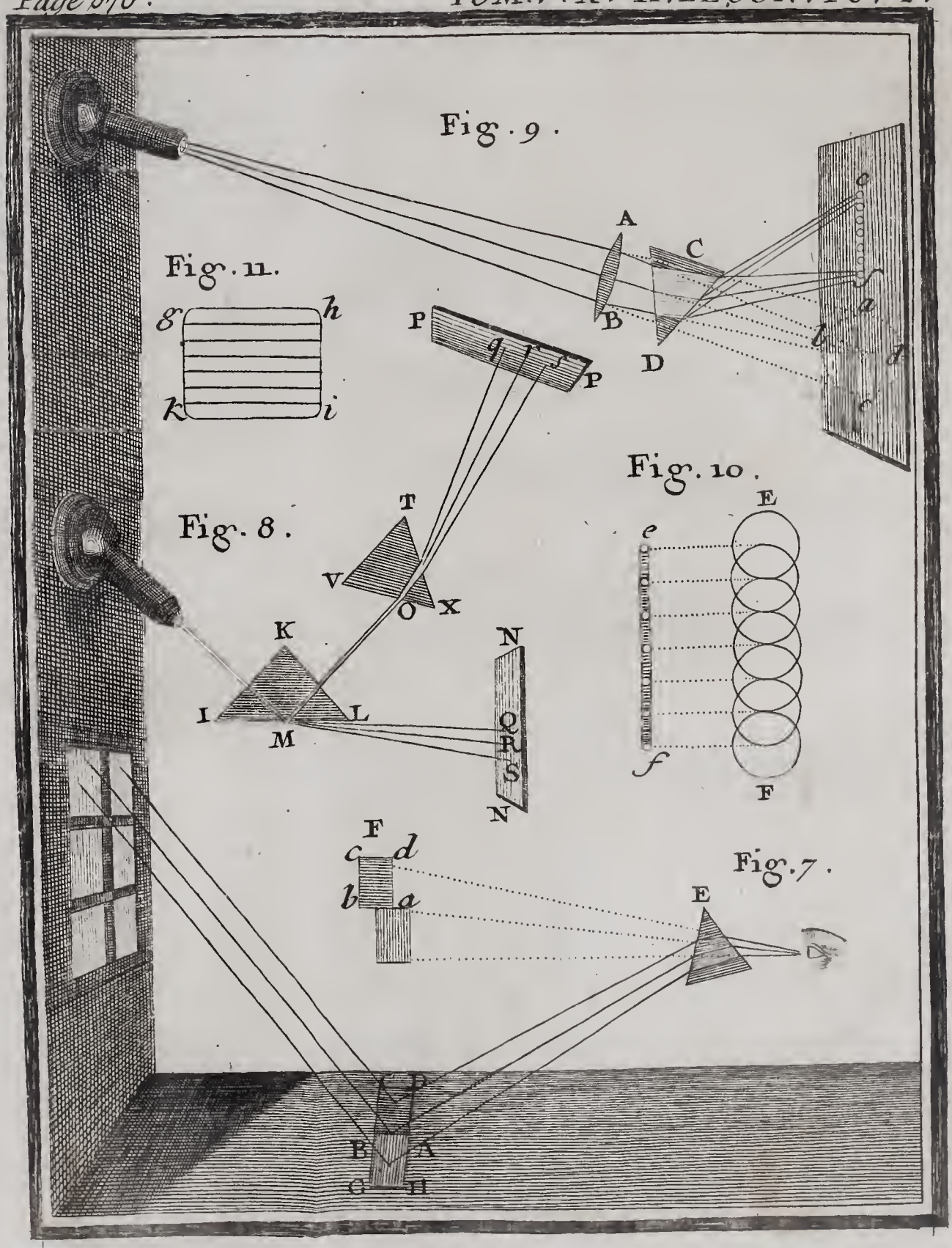


Fig. 9.
A
C
B
D
P
P
q
r
s
e
a
b
d
c
Fig. 11.
g
h
k
i
Fig. 10.
E
e
f
F
Fig. 8.
T
V
O
X
K
I
L
M
N
Q
R
S
N
F
c
d
b
a
Fig. 7.
E
D
B
A
C
H

VIII. EXPÉRIENCE. XVII. LEÇON.

PRÉPARATION.

Faites passer, comme dans la IVe expérience, un rayon de lumiere homogene quelconque, par un trou de 2 ou 3 trois lignes de diametre, pratiqué au milieu d'une planche mince; ayez un prisme qui ait un angle de 30 ou 40 degrés, une lentille de verre de 7 à 8 pouces de foyer, des morceaux de verre fort épais de différentes couleurs, des miroirs de toutes les especes, et une planche couverte de morceaux de drap rouge, bleu, noir, jaune, etc.

EFFETS.

1°. Si l'on fait passer le rayon de lumiere homogene par l'angle du prisme, il se réfracte, et marque sur un carton blanc, qu'on lui oppose, une tache ronde, de la même couleur qu'il a, avant de passer par le prisme.

2°. Quand ce même rayon a traversé la lentille de verre, il forme deux cônes opposés par leurs pointes au foyer

XVII. LEÇON.

de ce verre convexe, et en quelqu'endroit que l'on coupe cette lumiere, avec un carton ou une feuille de papier blanc, elle a toujours la même couleur qu'elle avoit avant de passer par la lentille ; elle est seulement plus forte aux endroits où elle est plus resserrée.

3°. Lorsqu'on oppose un verre rouge au rayon bleu, ou un verre bleu au rayon rouge, ou il ne passe aucune lumiere, ou le peu qu'il en passe, conserve sa couleur sans altération ; la plus grande partie se réfléchit en avant.

4°. Les miroirs de différentes formes sur lesquels on reçoit des rayons homogenes, ne font, tout au plus, qu'étendre ou resserrer leur lumiere, sans rien changer à leur couleur.

5°. Ces mêmes rayons teignent de leurs propres couleurs les morceaux de drap qui sont tout différemment colorés, sans en excepter les noirs.

EXPLICATION.

1. Dans la premiere épreuve, le rayon qui a passé par le prisme, ne fait point sur le carton blanc une image oblongue et de diverses cou-

leurs, comme dans la premiere expérience ; parce que toutes ses parties étant également réfrangibles, conservent, en sortant du prisme, le parallélisme qu'elles avoient entr'elles avant que d'y entrer ; et comme les parties de la lumiere qui ont le même degré de réfrangibilité, sont aussi de la même couleur, l'image du rayon réfracté dans cette expérience, ne peut avoir qu'une seule teinte.

Il faut pourtant convenir que, si l'on ne fait point cette épreuve avec bien de la précaution, l'image en question est un peu alongée, et qu'on remarque à ses extrémités quelque petite frange de couleurs différentes de celles du rayon ; c'est ce qui a fait que M. Mariotte et plusieurs autres personnes après lui, se sont inscrites en faux contre l'expérience de Newton. Mais un physicien de bonne-foi mettra le fait hors de contestation, s'il essaye de le vérifier dans une chambre parfaitement obscure, avec un prisme, dont le verre soit sans bouillons et sans filandres, et dont les côtés soient bien droits et d'un beau poli ; prenant de plus tout le soin possible de se procurer un

XVII. LEÇON.

rayon de lumiere homogene et sans mêlange.

Si l'on néglige de prendre la premiere de ces trois précautions, la lumiere qui est répandue dans le lieu où se fait l'expérience, passe en partie par le trou de la planche, avec le rayon homogene ; et entrant encore avec lui dans le prisme, elle s'y décompose, et ajoute à l'image des couleurs que l'on n'y verroit pas sans cela.

Si le prisme est défectueux, il produira des réfractions irrégulieres, et ne démêlera pas, autant qu'il le faut, les différentes especes de lumieres : de sorte que le rayon qu'on fera passer par la planche, ne sera pas homogene comme il doit l'être.

Enfin, de quelque cause que vienne ce dernier défaut, soit qu'on prenne le rayon trop gros, soit qu'on le choisisse mal, le second prisme ne manquera pas de le décomposer, s'il n'est pas bien simple, et sa décomposition s'annoncera par une différence de couleur au bord de l'image.

Mais quelque mal-adroit qu'on soit, en faisant cette expérience,

quelque peu de précaution qu'on y prenne, il est aisé de reconnoître que l'image d'un rayon simple réfracté pas un prisme, ne ressemble guere à celle que produiroit le même prisme avec un rayon de lumiere composée ; et si l'on apperçoit dans la premiere quelque petit mélange de couleurs, c'est si peu de chose, en comparaison de ce qui se voit dans l'autre, qu'un esprit sans prévention, aimera toujours mieux attribuer ce petit défaut à l'imperfection des instruments ou de la manipulation, que d'en faire une difficulté réelle contre la théorie de Newton, si bien établie d'ailleurs.

2°. Il arrive à la lumiere simple, qui passe au travers d'une lentille de verre, ce qui arriveroit à un jet de lumiere composée ; elle se condense de plus en plus, jusqu'à ce qu'elle se réunisse dans un foyer : après quoi elle devient divergente, et se raréfie à mesure qu'elle s'avance plus loin ; et cela par les raisons que j'ai exposées en traitant de la Dioptrique. Mais ces différents degrés de condensation et de raréfraction, qui

XVII. LEÇON.

la font paroître tantôt plus, tantôt moins forte, ne changent rien à sa couleur : à l'endroit même où elle est le plus resserrée, au foyer de la lentille ; elle conserve la même nuance avec plus d'éclat, parce que toutes les parties de cette lumiere étant essentiellement semblables, ne peuvent devenir différentes entr'elles, par cela seul, qu'elles sont plus ou moins rapprochées les unes des autres.

3°. Si les couleurs dans la lumiere n'étoient que de simples modifications d'un fluide homogene, quel moyen seroit plus propre à les produire, que les corps transparents, que nous appelons colorés ? Cependant on voit par le troisieme résultat, qu'un rayon rouge, auquel on oppose un verre bleu, ou un rayon bleu, auquel on oppose un verre rouge, ou se réfléchit en entier, ou que s'il y passe en partie, il conserve sa premiere couleur sans altération. (*a*) C'est que ces sortes

(*a*) Pour faire cette expérience avec succès, il faut des verres bien épais et d'une couleur bien foncée ; et lorsqu'on reçoit le rayon bleu

de corps diaphanes ne sont pas des milieux capables de colorer la lumiere, mais des especes de cribles analogues par leur porosité à tel ou tel ordre de rayons. La lumiere rouge, par exemple, se crible aisément par le verre qui refuse le passage aux rayons bleus; et ceux-ci passent avec liberté par un autre verre, qui réfléchit presqu'entiérement les rayons rouges.

4°. On voit par le second résultat, que la lumiere simple ne change point de couleur, pour être plus ou moins resserrée par réfraction; soumise à la même épreuve par la réflexion des miroirs, elle ne change point davantage, et c'est toujours par la même raison; sa couleur tient à sa nature, et non pas à sa densité accidentelle plus ou moins grande.

5°. Enfin quand un rayon rouge, jaune ou bleu, tombe sur une surface quelconque, ou il s'y éteint, ou il est réfléchi, et rend visible l'endroit sur lequel il est tombé: dans le dernier cas, l'objet s'apperçoit sous la cou-

sur le verre rouge, il faut avoir soin encore que ce rayon soit bien pur, et que la chambre soit bien obscure.

XVII. LEÇON.

leur propre de la lumiere qui l'éclaire, parce que cette couleur appartient à la lumiere, qu'elle est inaltérable et à l'épreuve des surfaces qui la réfléchissent, comme des corps diaphanes qui la transmettent.

Tout le monde sait que quand on mêle ensemble du rouge et du jaune clair, on produit une couleur assez semblable à celle de l'orange, ou de la fleur appellée *soucy* : on sait encore que le mêlange du bleu et du jaune est verd; que celui du pourpre avec le bleu, peut faire une nuance qui ressemble à la couleur de l'indigo. Cela peut porter à croire que parmi les couleurs prismatiques, l'orangé, le verd et le premier violet sont des couleurs composées, et qu'il n'y a véritablement que les quatre autres qui soient primitives, ou simples. Cette pensée, sans doute, s'est présentée à Newton, comme à tous ceux qui l'ont conçue depuis; mais au lieu de s'y arrêter, comme ont fait quelques auteurs, sans se donner la peine d'approfondir la question, ou en s'appuyant sur des faits mal observés, il a examiné avec attention ce qu'il

qu'il en étoit, et s'est assuré par les expériences suivantes, que les trois couleurs sur lesquelles il avoit des doutes, étoient simples et primitives comme les autres.

IX. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Vers le fond d'une chambre bien obscure, on éleve sur un pied qui se hausse et se baisse à volonté, une planche mince, *A B*, *fig.* 12, plus longue que large, percée dans une ligne verticale vers le milieu de sa largeur, de deux trous ronds, *C D*, qui ont chacun quatre lignes de diametre, et qui sont écartés de 7 à 8 pouces l'un de l'autre : à quelques pieds de distance derriere cette planche, est un carton blanc *E E*, élevé de même, et qui peut s'approcher et se reculer suivant le besoin.

En suivant le procédé de la VIIe expérience, on fait passer par le trou *D*, un rayon rouge bien pur, qui fait en *F*, sur le carton, une image ronde de cette couleur. Ensuite, par le moyen d'un second rayon solaire,

XVII. LEÇON.

réfracté comme le premier, mais en sens contraire, on fait passer par l'autre trou *C* de la planche, un rayon jaune citron, de maniere que son image se place précisément sur la premiere qui est rouge.

En faisant tourner doucement les deux prismes *G*, *g*, sur leurs axes, et en changeant un peu les distances respectives de la planche aux prismes, et du carton à la planche, on fait de même coincider successivement le jaune de l'un des rayons solaires avec le bleu de l'autre, et pareillement le bleu et le dernier violet.

Après avoir ainsi formé des images composées de deux couleurs, on en fait naître de semblables avec des lumieres simples, en bouchant l'un des deux trous *C*, ou *D*, et faisant passer successivement sur le carton des portions de lumiere, orangée, verte et indigo, de l'un des deux prismes.

Après cela, on compare les dernieres images avec les premieres, en regardant les unes et les autres au travers d'un prisme *H*.

EFFETS.

Chacune des images produites par la lumiere venant d'un seul prisme *G*, ou *g*, soit qu'on la voie à travers le prime *H*, soit à la vue simple, paroît toujours ronde, et d'une couleur uniforme dans toute son étendue.

Les images composées qui paroissent de même à la vue simple, lorsqu'on les regarde par le prisme, deviennent un peu ovales, et l'on voit l'une des deux couleurs déborder l'autre.

EXPLICATION.

Nous avons vu, par les expériences précédentes, qu'une lumiere simple, dès qu'elle est séparée des autres especes, ne se décompose plus, quoiqu'on la réfracte encore plusieurs fois; et c'est pourquoi la petite image ronde qui vient d'un seul prisme, garde constamment sa couleur uniforme et sa figure, quoiqu'on la regarde à travers le prisme *H*. Car tous les rayons de lumiere qui la rapportent à l'œil, étant d'une égale

XVII. LEÇON.

réfrangibilité, se rompent dans le verre sans changer de position entr'eux; et comme ils sont aussi tous de la même couleur, l'image qu'ils peignent au fond de l'œil, doit être de la même nuance dans toute son étendue.

Par des raisons contraires, l'image formée de deux couleurs mêlées ensemble, doit devenir ovale, et l'une des deux couleurs doit déborder l'autre, comme on voit que cela arrive en effet.

On a donc raison de regarder comme couleurs simples et primitives, l'orangé, le verd et l'indigo, qui se remarquent dans l'image colorée produite par le prisme; puisque ces trois couleurs ne se décomposent point, et que ces especes de lumieres ont des degrés de réfrangibilité qui les distinguent constamment des autres.

Mais, dira-t-on, si les couleurs résident vraiment dans la lumiere du soleil, pourquoi ne les y voit-on pas naturellement et sans le secours des prismes?

A cela, je réponds: 1.° Qu'on les y voit en certains cas; tout le monde sait, par exemple, que quand on a regardé pendant un instant le soleil

en face, si l'on ferme les yeux, ou que l'on entre dans un lieu obscur, il reste des impressions de rouge, de jaune, de verd, de bleu, etc., qui ne peuvent avoir d'autre cause que les rayons solaires qui ont touché l'organe. Lorsque la lumiere du soleil introduite par un très-petit trou dans un lieu fort sombre, ou réfléchie par un corps poli, forme un point très-lumineux, on y remarque des petits filets de toutes les couleurs, qui font comme une espece de houppe ; on remarque encore les mêmes choses dans beaucoup d'autres cas, pour peu qu'on veuille y faire attention.

2.° Il est vrai, que pour l'ordinaire, la lumiere du jour, et même celle qui vient immédiatement du soleil, en forme de rayons, se présente à nos yeux sans couleur ; c'est-à-dire, que l'impression qu'elle fait ne ressemble à aucune de celles qu'on éprouve quand on la regarde après l'avoir fait passer par l'angle d'un prisme : elle ne réveille en nous, ni l'idée de rouge, ni celle du jaune, ni celle du bleu, etc. Sur cela, Newton nous apprend que la lumiere en cet état, est un composé de

XVII. LEÇON.

ses différentes especes mêlées dans une juste proportion, et que le brillant éclat dont elle frappe nos yeux, résulte du mélange exact de toutes les couleurs : l'impression qu'elles font toutes ensemble, n'excite en nous aucune des idées qu'elles font naître séparément ; comme dans les couleurs artificielles, le verd ne nous rappelle, ni le jaune, ni le bleu, dont il est composé ; comme dans l'usage des autres sens, la plupart des sensations mixtes laisse ignorer les causes particulieres qui y contribuent. Mais ce n'est point assez d'exposer cette doctrine, il faut la prouver.

X. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Cette expérience se prépare comme la premiere : il faut de plus avoir une bonne lentille de verre, qui ait 3 ou 4 pouces de diametre, 7 à 8 pouces de foyer, et qui soit montée dans une chape, avec un manche, pour être maniée plus commodément, *fig.* 13.

A 3 ou 4 pieds du prisme, recevez les rayons réfractés perpendiculaire-

ment sur le milieu de la lentille $I K$, et ayez un carton blanc que vous leur opposerez à différentes distances de cette même lentille, quand ils en seront sortis. XVII. LEÇON.

EFFETS.

1.° Les rayons, en passant par la lentille $I K$, prennent la forme de deux cônes opposés par leurs pointes. Si l'on présente le carton blanc depuis la lentille jusqu'au foyer L, l'image formée par la lumiere, va toujours en diminuant de grandeur, et demeure droite. Si l'on passe le foyer en continuant d'éloigner le carton, l'image devient de plus en plus grande; elle paroît renversée : dans l'un et dans l'autre cas, elle a toutes ses couleurs.

2.° Quand on arrête le carton justement en L, et qu'on tient sa surface bien perpendiculaire à l'axe du cône de lentille, on ne voit dessus qu'un petit cercle très-brillant et sans couleur, comme on le verroit au foyer de la même lentille, exposée immédiatement aux rayons du soleil.

3.° Ce petit cercle perd une grande partie de son éclat, et reçoit des cou-

XVII. LEÇON.

leurs, lorsqu'on intercepte, avec le bord d'une carte à jouer, le quart ou la moitié des rayons réfractés, soit avant, soit après la lentille.

EXPLICATION.

La forme que prennent les rayons en passant par la lentille, les décroissements de l'image depuis ce verre jusqu'à son foyer *L*, ses décroissements après, sont les effets ordinaires d'un corps réfringent, dont la figure est lenticulaire, et que j'ai expliqué ailleurs : nous avons vu précédemment aussi, que les rayons de différentes especes, étant une fois séparés, conservent, et continuent de faire voir leurs couleurs, quoiqu'on les rapproche plus ou moins les uns des autres : ainsi, la convergence qu'ils acquiérent en traversant l'épaisseur de la lentille, la divergence qui leur vient de leur croisement au foyer, ne doivent pas décolorer l'image, mais seulement faire varier sa grandeur, et changer sa situation, en faisant paroître en haut les couleurs qui étoient en bas.

Ce qui doit principalement fixer ici

notre attention, c'est que cette image resserrée dans un très-petit espace circulaire, y paroît sans aucune couleur, et qu'elle reprend de nouveau toutes celles qu'elle avoit lorsque les rayons qui la composent commencent à se démêler et à s'écarter l'un de l'autre, après s'être croisés. Les couleurs n'ont point été anéanties, puisqu'elles reparoissent les mêmes, et dans l'ordre qu'elles ont coutume de garder entr'elles; leur disparition au foyer est donc l'effet d'une réunion parfaite, et d'un mélange justement proportionné; cette derniere condition est essentielle, puisque l'on voit par le 3e résultat de notre expérience, que la suppression d'une partie des rayons colorés ne manque pas d'occasionner une teinte très-sensible dans le petit cercle lumineux qui est en *L*.

Il paroît donc par les expériences précédentes, et par bien d'autres, que je suis obligé de supprimer ici, que les couleurs sont véritablement des propriétés de la lumiere; qu'elles y résident au nombre de sept, savoir: le rouge, l'orangé, le jaune clair, le vert, le bleu céleste, le violet

XVII. LEÇON.

indigo, et le violet pourpre, avec toutes les nuances intermédiaires ; que des différentes combinaisons de ces sept especes, dépendent toutes les autres couleurs qu'on remarque dans la nature, et que leur mêlange complet et bien proportionné, empêche qu'aucune d'elles ne soit apperçue.

Ces principes bien entendus et maniés avec intelligence, peuvent servir à expliquer tous les effets naturels qui ont rapport aux couleurs : on en voit grand nombre d'applications très-heureuses dans l'Optique de Newton ; j'en vais rapporter quelques-unes des plus intéressantes.

APPLICATIONS.

Ce qui surprend, lorsque pour la premiere fois on regarde à travers un prisme quelqu'objet éclairé, c'est cette belle variété de couleurs vives dont il paroît bordé, et quelquefois comme chamarré en différents endroits de sa surface. Voilà ce qui frappe au premier coup d'œil, et bien des gens n'y voient que cet effet ; mais un observateur attentif y trouve encore d'autres remarques à faire.

Quand l'objet est grand et qu'il est vu de près, les couleurs ne paroissent qu'aux bords, au lieu que s'il est petit et vu d'un peu loin, comme une carte à jouer, par exemple, à 12 ou 13 pieds de distance, il est coloré dans toute sa surface, comme l'image produite par le prisme, dans la premiere expérience.

Lorsque l'objet ne paroît coloré que par ses bords, les côtés opposés le sont différemment, l'un porte du rouge et du jaune, l'autre du verd, du bleu et du violet : et si l'axe du prisme est parallele à la ligne qui joint les deux yeux, ou qu'on le tienne verticalement, en ne regardant que d'un œil, il n'y a que deux bords colorés : dans le premier cas, ce sont ceux d'en bas et d'en haut ; dans le second, ce sont les côtés montants. Cela se voit tout au mieux, lorsqu'étant dans une chambre, on regarde en plein jour les carreaux de la fenêtre.

Enfin, si c'est un objet lumineux sur un fond obscur, les couleurs qui paroissent aux bords, sont dans un ordre opposé à celui dans lequel on les voit, quand l'objet est obscur sur un

XVII. LEÇON.

fond clair : supposez que dans le premier cas, le rouge et le jaune soient en haut, le bleu et les violets en bas ; dans le second, c'est tout le contraire, quoique l'angle du prisme par lequel on regarde, demeure toujours tourné du même sens.

On se rendra raison de ces effets, si l'on fait attention que la lumiere réfléchie de dessus les objets, comme celle qui vient immédiatement des corps lumineux, se réfracte et se décompose également, en passant par l'angle d'un prisme ; car dès que les rayons qui apportent à l'œil du spectateur l'image d'un morceau de papier blanc ou de tout autre corps éclairé, se plient dans le verre les uns plus que les autres ; c'est une nécessité que cette image s'agrandisse dans un sens, et qu'elle montre distinctement toutes les couleurs de ces rayons démêlés.

Si l'objet peut être compris dans l'angle que forment les rayons les moins réfrangibles avec ceux qui le sont le plus, je veux dire les rouges avec les violets, alors toutes les couleurs demeurent contiguës les unes aux autres sans interruption ; mais s'il

excede cet angle, les bords opposés paroissent seuls colorés, l'un en rouge et en jaune, l'autre en verd, bleu et violet : l'espace qui est entre deux, se voit comme à la vue simple, parce qu'il s'y trouve des rayons de toutes les especes, et dans une proportion assez grande, pour ne laisser sentir aucune décomposition de lumiere, pourvu néanmoins que la surface de l'objet soit uniformément illuminée ; car autrement les parties les plus claires sont comme autant d'objets particuliers, de chacun desquels on peut dire tout ce que nous disons d'un objet en général.

Pour mieux comprendre tout ceci, jettez les yeux sur la *fig.* 14. Soit *A B*, une des dimensions de l'objet ; sa hauteur, par exemple, sans l'interposition du prisme *D*, l'œil placé en *C* appercevroit l'objet en question, par tous les rayons directs compris entre *A C* et *B C*. Dès qu'on fait passer cette pyramide de lumiere composée par l'angle du prisme, chaque espece de rayon va se réfracter suivant que sa nature l'exige : de sorte que si l'on en supprimoit cinq, et qu'il ne restât que les rouges, par exemple,

XVII. LEÇON.

et les violets, il se feroit deux pointes E, F, de ces mêmes couleurs, et l'œil qui se placeroit à portée de les recevoir, verroit l'objet grand comme $b\ c$, d'un rouge pur depuis b jusqu'en d, et d'un violet également homogene, depuis a jusqu'en c. Mais la différence de réfrangibilité de ces deux lumieres, n'étant pas assez grande pour porter l'image $d\ c$ tout-à-fait au-dessus de l'autre $a\ b$, il est évident que l'espace $a\ d$ paroîtroit sous les deux couleurs, rouge et violet, ce qui les rendroit pourpre.

Ne supprimons plus maintenant les cinq autres especes ; faisons-les passer avec celles-ci par l'angle du prisme D ; au lieu de deux pointes E, F, il y en aura sept dans les mêmes limites, et l'œil rapportera les images qu'elles lui feront sentir, entre $b\ c$, mais dans des bornes plus étroites ; de sorte que l'espace $a\ d$ participera de toutes les couleurs : or, ce mélange recompose la lumiere, et lorsqu'elle est en cet état, les couleurs disparoissent de l'endroit qu'elle illumine. Il n'y a donc que les extrémités $b\ d$ et $a\ c$, qui demeurent colo-

rées, parce qu'il n'y a que là, où les especes soient assez démêlées, pour conserver leurs couleurs. XVII. LEÇON.

En regardant un carreau de vitre ou quelqu'autre objet semblable, si l'on tient le prisme horizontalement, on ne voit des couleurs qu'aux bords d'en haut et d'en bas, parce que les réfractions ne se font que dans ce sens; c'est-à-dire, que les rayons s'abaissent vers l'œil en sortant du prisme, si l'angle réfringent est tourné en haut, et que s'il est en bas, c'est tout le contraire. Par la même raison, on ne voit des couleurs qu'aux deux côtés montants, quand la longueur du prisme est dans une situation verticale. Dans l'une et dans l'autre position, les bords colorés demeurent sensiblement droits; cependant si c'étoit un grand objet, quoique sa longueur fût parallele à celle du prisme, il paroîtroit courbé en forme d'arc, parce que les rayons qui viendroient de ses extrémités, tomberoient fort obliquement à l'axe du prisme, et ne feroient plus voir ces parties dans le même alignement avec celles du milieu, à cause de la réfraction laté-

XVII. LEÇON.

rale qu'ils souffriroient. On peut s'assurer de ce fait, en regardant avec le prisme, d'un lieu un peu élevé, la riviere, ou un canal bien éclairé et bien découvert, on aura le plaisir de voir un *arc en terre* tout-à-fait semblable à celui que nous admirons au ciel en certaines circonstances.

L'objet obscur sur un fond clair, fait voir à ses bords des couleurs, dont les situations ne sont pas telles qu'on les doit attendre de la raréfaction respective des rayons; les rouges et les jaunes se placent en haut, les bleus et les violets en bas, lorsque par la position du prisme, on a lieu de compter sur un arrangement tout opposé. Supposons, par exemple, que *GHIK*, *fig.* 15, soit un grand carton blanc attaché contre un mur, et qu'au milieu on ait collé un morceau de drap brun ou quelque chose d'équivalent : si l'on regarde ce dernier objet avec un prisme, dont la longueur soit parallele à *G H*, et l'angle réfringent tourné en haut; puisque les rayons rouges et les jaunes sont moins réfrangibles que les autres, ces deux couleurs devroient s'appercevoir au bord

inférieur du morceau de drap, et le bord d'en haut devroit être bleu et violet. Il arrive cependant tout le contraire, parce que ces lumieres réfractées et colorées, qui bordent l'objet qu'on a en vue, ne lui appartiennent pas; elles viennent du fond clair sur lequel il est attaché. Il faut considérer l'objet brun, comme placé entre deux objets blancs, et qui lui sont contigus; ces deux objets sont la partie supérieure *G H*, *g h* du carton blanc, et sa partie inférieure *i k*, *I K*. Le rouge et le jaune qu'on voit en *g h*, avec le bleu et le violet qui bordent *G H*, colorent le premier selon les regles; le bleu et le violet en *i k*, avec le rouge et le jaune en *I K*, font la même chose pour le second. Aucunes de ces couleurs ne doivent donc être attribuées au morceau de drap; et c'est de cette maniere qu'on doit expliquer tous ces renversements de couleurs qu'on croit voir, quand on regarde avec le prisme les différentes parties d'un vaste champ, les endroits plus ou moins éclairés d'une grande surface, des arbres, ou l'horizon terminé par un ciel bien lumineux.

XVII. LEÇON.

Un rayon du soleil tombant obliquement sur la surface de l'eau qui remplit un verre à boire posé sur le bord d'une table, fait voir les couleurs prismatiques à quelques pieds de distance au-delà ; ce qui n'arrive pas ordinairement ou d'une maniere bien sensible, quand la lumiere qui a traversé le vase, ne s'étend pas un peu loin après son émersion.

La masse d'eau que traverse le rayon solaire en pareil cas, est un véritable prisme, dont l'angle réfringent est vers le bord du vaisseau ; il doit donc produire des effets semblables à ceux d'un morceau de verre solide qui auroit cette forme ; mais comme les différents degrés de réfrangibilité des rayons ne les écartent les uns des autres que sous des angles très aigus, ce n'est qu'à une distance un peu grande du corps réfringent, qu'ils sont assez démêlés pour paroître avec leurs couleurs propres ; plus près du vase, il n'y a tout au plus que les bords de la lumiere émergente qui soient un peu colorés.

Les diamants et sur-tout ceux qui sont *brillantés*, lorsqu'on les plonge dans un rayon solaire, produisent une

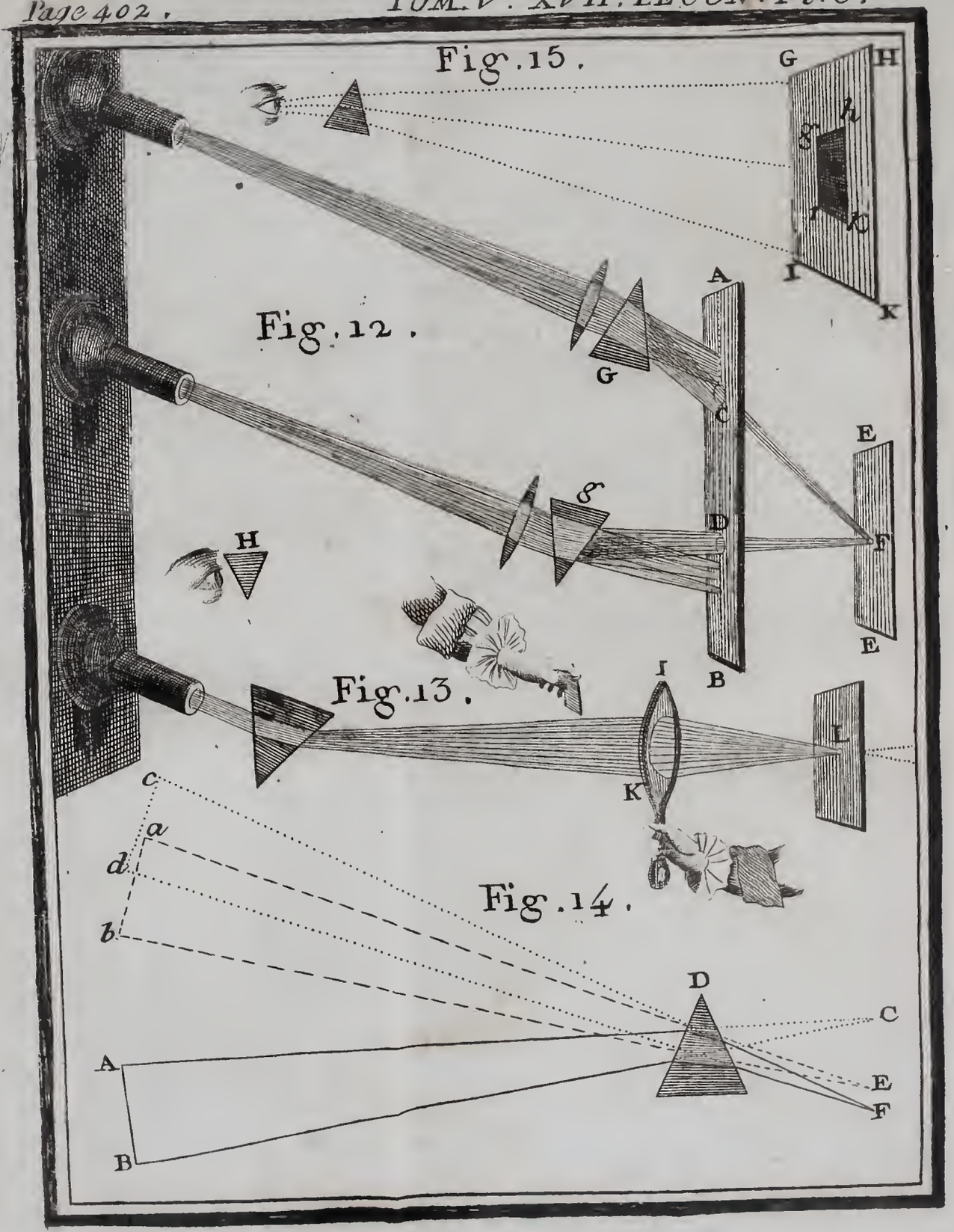


Fig. 15.
G
H
g
h
I
K
Fig. 12.
A
G
C
E
g
D
F
H
E
Fig. 13.
I
B
L
K
c
a
d
b
Fig. 14.
D
C
A
E
F
B

infinité de petites images colorées, comme celles du prisme, et d'une vivacité admirable : cela vient du grand nombre de leurs facettes, qui forment entr'elles autant de petits prismes : la lumiere incidente se partage en plusieurs petits jets qui se subdivisent encore sur toutes les faces diversement inclinées du fond, et qui se réfléchissant de-là, ne manquent pas de se décomposer en sortant, s'ils ne l'ont pas été en entrant. Les couleurs sont plus vives avec le diamant qu'avec le verre, parce qu'elles sont mieux séparées ; le premier de ces deux corps étant plus réfringent que l'autre, et parce que sa transparence est aussi plus parfaite. La lumiere des bougies produit les mêmes effets, quoiqu'avec moins d'éclats que celle du soleil ; voilà pourquoi les assemblées de nuit sont si favorables aux parures dans lesquelles on fait entrer des pierreries ; des jets de lumiere directe, multipliés dans un lieu où la clarté est toujours moindre que celle du jour, rendent les effets dont nous parlons, et plus sensibles et plus fréquents.

J'ai dit au commencement de cet

XVII. LEÇON.

article que Newton, dans le temps qu'il cherchoit à perfectionner les télescopes composés de verre, en substituant à la convexité sphérique une autre courbure plus propre qu'elle à rassembler tous les rayons qui partent de chaque point de l'objet, avoit fait une nouvelle découverte, en conséquence de laquelle il étoit impossible, avec quelque sorte de verre que ce fût, de parvenir à cette parfaite réunion. Cette découverte est, que les rayons qui composent la lumiere, sont inégalement réfrangibles, à incidences égales et dans le même milieu, comme je l'ai prouvé d'après ce philosophe. En effet, comme les verres ne réunissent les rayons qu'en les réfractant, les bleus et les violets se pliant plus que les autres en passant par une lentille, se joindront et se croiseront nécessairement plus près du verre que les rouges et les jaunes, et l'on doit comprendre qu'il y aura toujours autant de foyers à la suite les uns des autres, qu'il y a d'especes de rayons différemment réfrangibles : ainsi, lorsque pour construire un instrument de Dioptrique, on a besoin de

déterminer le foyer d'une lentille, on ne le peut faire que pour une espece de rayons à la fois, et ce point de réunion n'est certainement pas celui de toute la lumiere qui passe par le verre.

Newton ayant cherché et déterminé par le calcul la distance du premier de ces foyers au dernier (*a*),

(*a*) Le sinus d'incidence de chaque rayon homogene, est en raison donnée à son sinus de réfraction. La réfraction des rayons les moins réfrangibles, est à celle des plus réfrangibles, à peu près comme 27 à 28. Le plus petit espace circulaire où les verres d'un télescope puissent rassembler toutes sortes de rayons paralleles, est la 55e partie de toute l'ouverture du verre.

Si les rayons de toutes les especes venant d'un point lumineux quelconque dans l'axe d'une lentille convexe, sont réunis par la réfraction en des points qui ne soient point trop éloignés de la lentille, le foyer des rayons les plus réfrangibles sera plus près de la lentille que celui des rayons les moins réfrangibles; et la distance de l'un à l'autre est à la $27\frac{1}{2}$ partie de la distance entre le foyer des rayons de moyenne réfrangibilité et la lentille, comme la distance entre le foyer et le point lumineux d'où procedent les rayons, est à la distance entre ce point lumineux et la lentille à peu de choses près. *Opt. de Newton, pag.* 108 *et* 109.

XVII. LEÇON.

prouva par l'expérience même, que le défaut qui en résultoit, étoit sensible dans la pratique. Ayant pris un morceau de carton peint moitié en rouge et moitié en gros bleu, comme celui de notre V^e expérience, il l'enveloppa plusieurs fois suivant sa longueur, avec un gros fil noir qui formoit comme de grosses lignes sur les deux parties diversement colorées. Il appliqua ce carton contre un mur, de maniere que sa longueur étoit horizontale; il l'éclaira fortement pendant la nuit, en mettant un peu devant une grosse chandelle allumée. A 6 pieds de distance de-là, il éleva verticalement une lentille de verre, large de quatre pouces, et capable de rassembler les rayons réfléchis par les différents points du carton coloré, et de les faire converger vers autant d'autres points, à la même distance de 6 pieds de l'autre côté, et peindre ainsi l'image de cet objet sur un papier blanc qu'il présentoit en l'avançant tantôt plus, tantôt moins, et en observant quelle partie du carton coloré se peignoit distinctement. En procédant ainsi, il

remarqua que pour avoir une image distincte et bien terminée de la partie rouge traversée de lignes noires, il falloit porter le papier un pouce et demi plus loin de la lentille, que lorsque la partie bleue se peignoit de même; ce qui montre incontestablement que les rayons bleus ont leur foyer plus près que les rouges, en passant par la même lentille, et que l'objectif d'une lunette ne peut rassembler dans un même endroit qu'une partie de lumiere qu'il reçoit, à moins que l'objet ne soit d'une des couleurs prismatiques, rouge, jaune, verd ou bleu, etc. (*a*).

(*a*) Depuis la premiere impression de ce volume, on est venu à bout de vaincre cette difficulté qui paroissoit insurmontable, en composant l'objectif de la lumiere avec deux matieres différemment réfringentes : cet ingénieux moyen fut imaginé et proposé par M. Euler, dès l'année 1747; et l'on auroit joui bien plus tôt du succès qu'il devoit avoir, s'il n'eût pas fallu pour cela regarder comme faux un fait garanti par une expérience de Newton, qui a montré tant de sagacité et d'exactitude dans toutes celles qu'il a publiées. M. Klingenstierna osa franchir cette barriere en 1755, et détermina M. Dollond, savant opticien de Londres, à refaire de nouveau

XVII. LEÇON.

De tous les phénomenes qui ont rapport aux couleurs de la lumiere, il n'en est pas de plus beau, ni qui mérite plus notre curiosité et notre admiration, que ce grand arc qu'on

cette importante épreuve, sur la foi de laquelle on fondoit l'impossibilité de corriger l'aberration des rayons différemment réfrangibles, en conservant une réfraction qui pliât suffisamment la lumiere vers l'axe de la lumiere ; heureusement il se trouva que Newton s'étoit trompé, et M. Dollond s'en étant bien convaincu, se mit à faire des objectifs composés de deux especes de verres qui lui ont très-bien réussi, et avec lesquels une lunette de cinq pieds de longueur équivaut en tout à une lumiere de 14 ou 15 pieds. Alors il ne resta plus à desirer qu'une théorie générale et sûre, qui déterminât les courbures des verres relativement à leurs différents degrés de réfringence respective pour des lunettes de toutes longueurs, et qui affranchît les artistes de la nécessité humiliante où ils eussent été de copier servilement les ouvrages de M. Dollond; c'est ce qu'ont fait de la maniere la plus complette MM. Clairaut et d'Alembert, aux Mémoires desquels je renvoie le Lecteur. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, 1756, *pag.* 380; *et* 1757, *pag.* 524. Opuscules de M. d'Alembert, tom. 3.

voit

voit briller au ciel, lorsqu'ayant le dos tourné au soleil, on regarde une nuée qui fond en pluie, et qui est éclairée par cet astre, élevé à une certaine hauteur sous l'horizon (*a*). De tout temps on en a eu une haute idée; les hommes sauvés du déluge universel, l'ont reçu et regardé comme un signe de paix de la part de Dieu : le paganisme en a fait une divinité sous le nom d'*Iris* : les poëtes l'ont célébré de toutes les manieres (*b*) : et

Ceux de mes Lecteurs qui ne seroient pas en état d'entendre les Mémoires que je viens de citer, pourront s'en tenir à la lecture de l'Histoire de l'Académie, 1750, *p.* 112 *et suiv.*

Plusieurs amateurs et artistes de Paris, guidés par M. Clairaut, ont imité avec succès les objectifs composés de M. Dollond; ce qui les embarrasse le plus, c'est d'avoir des morceaux de verre assez grands et assez nets qui diffèrent entr'eux par leur degré de réfringence, autant qu'il est nécessaire.

(*a*) Le soleil ne produit l'arc-en ciel que quand il est moins élevé que de 42 degrés sur l'horizon.

(*b*) Dans presque toutes les poésies galantes, on trouve le nom d'*Iris*, pour désigner une beauté rare et touchante. Le P. Noceti,

XVII. LEÇON.

les philosophes de tous les siecles, se sont efforcés d'en connoître et d'en expliquer les causes physiques.

Antoine *de Dominis*, archevêque de Spalato, qui écrivoit vers la fin du XVIe siecle, a raisonné sur l'*arc-en-ciel*, mieux que tous ceux qui l'avoient précédé, en attribuant sa forme et ses couleurs aux rayons du soleil réfractés et réfléchis par les gouttes de pluie vers l'œil du spectateur. Descartes (*a*) enchérissant sur les explications de ce savant Italien, éclaircit encore la matiere; mais il étoit réservé à Newton de la mettre dans son plus grand jour, en appliquant à ce phénomene sa découverte de la décomposition de la lumiere, et de la réfrangibilité propre à chaque espece de rayon: c'est son ouvrage même qu'il faut lire et étudier, si l'on cherche des raisons complettes et exactes de toutes les circonstances. Je ne veux exposer ici que ce que tout le monde peut entendre; et

Jés. du Collège Romain, a fait sur l'arc-en-ciel, un poëme latin très-élégant, que le P. Boscowich son confrere a enrichi de notes très-instructives.

(*a*) *De Meteoris.*

pour cela, je suivrai la marche des deux premiers physiciens que j'ai cités d'abord, en imitant, comme eux, les principales apparences de l'arc-en-ciel, par une expérience que voici.

XI. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut avoir une boule de verre creuse et mince, remplie d'eau claire, à peu près semblable à celles qu'on met au bas des lustres de crystal artificiel : on la suspend par deux fils attachés a ses poles, vers le fond d'une chambre, mais à telle distance de la fenêtre, et à telle hauteur que les rayons du soleil puissent tomber dessus, afin qu'on puisse l'élever plus ou moins ; on fait passer les deux fils sur deux poulies fixées au plancher, et l'on en fait pendre les bouts à portée de la main, comme on le voit par la *fig.* 16. Enfin, il faut se placer entre la fenêtre et la boule, à telle distance et à telle hauteur que les rayons qui reviennent de la boule à l'œil, puissent faire avec ceux qui vont du soleil à la boule, des angles, tantôt plus pe-

XVII. LEÇON.

tits que de 40 degrés, tantôt un peu plus grands que de 54.

EFFETS.

Si l'angle *S F O*, *fig.* 17, dont je viens de parler, est de 42 degrés 2 minutes, l'œil du spectateur placé en *O*, apperçoit un rouge fort vif dans la direction *O r*.

Si l'œil s'éleve davantage, ou que la boule s'abaisse tout doucement pour faire l'angle en question de plus en plus petit, jusqu'à ce qu'il n'ait plus que 40 degrés 17 minutes, comme *S F B*, on apperçoit successivement toutes les autres couleurs prismatiques, le jaune, le verd, le bleu, etc., dans les directions *J i*, *B b*, etc.

Enfin, si l'on fait ce même angle de 50 degrés 57 minutes, la boule étant plus élevée, comme dans la *fig.* 16, on voit le rouge dans la direction *O r*; et si l'on continue d'élever peu à peu la boule, jusqu'à ce que l'angle soit de 54 degrés 4 minutes, on voit succéder toutes les autres couleurs, dans cet ordre, le jaune, le verd, le bleu, etc.

EXPLICATION.

Dans le premier cas, *fig.* 17, le trait de lumiere solaire *S s*, venant frapper la boule obliquement, se réfracte vers la perpendiculaire *p C*, et va heurter la surface intérieure du verre en *t*; une partie de cette lumiere, qui ne pénétre pas dans l'épaisseur du verre, est renvoyée vers *f*, l'angle de sa réflexion devenant égal à celui de son incidence en *t*: mais au lieu d'aller en droite ligne en *f*, elle se réfracte encore une fois, en s'écartant de *p C*, parce qu'elle passe obliquement de l'eau dans l'air; et comme ce trait de lumiere, quelquo mince qu'il soit, est un assemblage ou un faisceau de rayons différemment réfrangibles, le rouge qui l'est le moins de tous, se rend au point *O*, le jaune en *J*, le bleu en *B*, etc.: ainsi, pour appercevoir successivement toutes ces couleurs, il faut de deux choses l'une, ou que l'œil s'éleve d'*O* en *B*, ou que la boule d'eau s'abaisse d'autant; et alors l'angle formé par le rayon incident *S s* et le rayon émergent *v B*, est d'un degré 45 minutes plus petit que *S F O*.

XVII. LEÇON.

Si l'on conduit de même un jet de lumiere solaire *S s*, *fig.* 16, à la partie inférieure de la boule, que je suppose être plus élevée que dans le cas précédent, et qu'on examine la route qu'il doit tenir, en conséquence des loix de la réfraction et de la réflexion que nous avons établies ailleurs, on verra qu'il se réfracte d'abord pour aller en *d*, d'où se réfléchissant vers *e* et delà vers *g*, il est obligé de se réfracter une seconde fois, en sortant de la boule pour rentrer dans l'air. Alors, comme dans le premier cas, il se décompose et se divise; le rouge moins réfracté que les autres se rend en *O*, les jaunes, les bleus, etc., en *J*, en *B*, etc.; voilà pourquoi il faut ou abaisser l'œil, ou élever la boule, pour faire voir successivement toutes ces couleurs. Et si l'on compare l'angle *S F B*, à *S F O*, on trouve qu'il est de 3 degrés 7 minutes plus grand.

Pour tirer de cette expérience une explication très-plausible de l'arc-en-ciel, il n'y a qu'à comparer les gouttes d'eau qui tombent de la nuée, à la boule dont nous venons de parler; car les gouttes de pluie sont d'une

figure sphérique ou à peu près, et la grandeur n'est ici d'aucune considération. Puisque cette boule en descendant de *D* vers *E*, *fig.* 17, et en montant de *G* vers *H*, *fig.* 16, fait voir successivement les couleurs prismatiques dans cet ordre, rouge, jaune, verd, bleu, violet, il est évident, que si les deux espaces *ED*, *GH*, étoient remplis par deux suites de petites boules d'eau permanentes, on verroit à-la-fois deux rangs de couleurs, savoir de *D* en *E*, du rouge, du jaune, du verd, du bleu, du violet, et de même en montant de *G* en *H*. Et si l'on imagine de pareilles suites dans les circonférences de deux demi-cercles, dont l'œil du spectateur occupe le centre, on aura deux bandes semi-circulaires, diversement colorées, dont les largeurs seront égales à *ED*, et à *GH*; c'est-à-dire, proportionnées à la différence qu'il y a entre les rayons les plus réfrangibles et ceux qui le sont le moins, et dont les couleurs seront dans des situations opposées.

Tout cela quadre, on ne peut pas mieux, avec ce que l'on observe dans l'arc-en-ciel : pour l'ordinaire, il est double. Celui d'en-bas, dont les cou-

XVII. LEÇON.

leurs sont les plus vives, est rouge en sa partie supérieure ; le jaune, le verd, le bleu, etc., le suivent en descendant : dans l'autre, au contraire, c'est le rouge qui borde l'intérieur, et les autres couleurs s'étendent en montant, *fig.* 18. Celui-ci est moins brillant que le premier, parce que sa lumiere ayant souffert une réflexion de plus, s'est affoiblie davantage.

On voit dans les *fig.* 16 et 17, les couleurs se présenter à l'œil dans un ordre tout différent de celui dont je viens de parler, et qu'on observe aux deux arcs-en-ciel ; mais il faut faire attention que c'est au ciel où nous voyons ces couleurs, et que nous les y rapportons par des directions qui se croisent aux points d'émergence *gf* : ainsi nous voyons le rouge en *r*, le jaune en *i*, le bleu en *b* ; de-là il arrive que le rouge paroît border extérieurement l'arc d'en-bas, et intérieurement celui d'en-haut.

Quant à la largeur des arcs, elle est plus grande dans l'un et dans l'autre, que ne la donnent les limites qui renferment tous les degrés de réfrangibilité des rayons hétérogenes ; il faut

avoir égard au diametre du soleil, qui est d'un demi-degré à peu près. Newton détermine la largeur de l'Iris intérieure, de 2 degrés 15 minutes : celle de l'arc extérieur, de 3 degrés 40 minutes : leur distance réciproque, de 8 degrés 25 minutes.

C'est par des raisons semblables à celles que je viens d'employer, qu'on doit chercher à expliquer les couleurs qu'on apperçoit autour d'un jet d'eau que le vent agite et divise en pluie, lorsqu'il est éclairé du soleil, et qu'on le regarde ayant le dos tourné à cet astre ; car on n'apperçoit pas cet effet dans toutes sortes de positions ; et si l'on examine attentivement celle qui est nécessaire, on verra que les angles formés par les rayons qui vont du soleil au jet d'eau, et par ceux qui reviennent delà à l'œil du spectateur, sont assujettis aux conditions qu'exige l'arc-en-ciel.

On a vu quelquefois des cercles de lumiere colorée, par portions, ou en entier, sur une prairie qu'on regardoit d'un lieu un peu haut, quelque temps après le lever du soleil. Ce sont encore des effets de la lumiere réfractée et

XVII. LEÇON.

réfléchie par les gouttes de rosée, qui restent attachées à l'herbe pendant un certain temps. Pour connoître particuliérement la marche des rayons en pareil cas, il n'y a qu'à faire attention à la hauteur de l'astre sur l'horizon, à la position de l'œil, aux pouvoirs réfractif et réflectif d'une goutte d'eau supposée à l'endroit où paroît le phénomene, et aux différents degrés de réfrangibilité des rayons qui composent la lumiere solaire. Enfin, c'est encore aux réfractions que souffre la lumiere, en passant par des gouttes d'eau, qu'on doit attribuer ces cercles colorés qu'on observe quelquefois autour du soleil et de la lune, puisqu'on les imite en quelque façon, lorsqu'on place la flamme d'un flambeau ou d'une bougie derriere une vapeur d'eau un peu épaisse.

ARTICLE II.

Des couleurs considérées dans les objets et dans le sens de la vue.

On ne peut pas nier que les corps ne contribuent en quelque façon aux

couleurs dont ils nous paroissent revêtus. Il ne suffit pas qu'un objet soit éclairé pour que nous le voyons blanc, jaune ou verd; quoiqu'il y ait dans la lumiere qu'il reçoit, tout ce qu'il faut pour le faire paroître tel à nos yeux, comme on l'a prouvé dans l'article précédent; il faut encore qu'il y ait en lui quelque qualité ou disposition qui le rende propre à réfléchir ou à transmettre certaines parties de cette lumiere, l'exclusion des autres.

Je dis à réfléchir ou à transmettre certaines especes de rayons : car les corps que nous nommons colorés, sont opaques ou transparents; et la disposition dont je parle, que peut-elle être, sinon dans les premiers une contexture particuliere de leurs surfaces, un certain arrangement de leurs parties superficielles, et dans les derniers une porosité qui soit analogue, ou par la grandeur ou par la figure, à telle ou telle espece de lumiere ?

Cette idée toute simple, peut suffire dans l'opinion de ceux qui attribuent à la lumiere un mouvement de translation, qui transporte réellement les globules du corps lumineux aux

XVII. LEÇON.

objets visibles, et de ces objets jusques à nos yeux : en comptant sur une propagation de cette espece, on peut dire que les surfaces réfléchissantes sont des assemblages de parties solides, qui font rejaillir en avant la lumiere qui vient les heurter, et que les corps transparents sont des especes de cribles qui en laissent passer la plus grande partie ; et pour rendre raison des couleurs, on peut ajouter qu'en conséquence d'une certaine proportion ou analogie, dans la superficie des uns et dans la porosité des autres, certains rayons plutôt, ou en plus grande quantité que les autres, sont repoussés ou transmis. La lumiere rouge, par exemple, de préférence se tamisera à travers le rubis, et rejaillira de dessus le cinabre : la topaze et l'or feront la même chose à l'égard des rayons jaunes ; l'émeraude et l'herbe des prairies à l'égard des verds, etc.

Mais si l'on demeure attaché au sentiment de Descartes, et qu'on n'admette dans les rayons de lumiere qu'un mouvement de vibration communiqué de proche en proche aux globules qui les composent, sans aucun

déplacement de leur part ; si l'on pense aussi, comme nous, que la lumiere, ou plutôt son action, n'est pas réfléchie par les parties propres des surfaces, mais par celles de son espece, qui en remplissent les pores, et qui se présentent à leur embouchure, il faudra ajouter à l'idée que je viens d'exposer, pour expliquer les apparences des couleurs ; car à quoi serviroit de concevoir les corps transparents, comme des cribles à lumiere, si ce fluide subtil n'avoit point de mouvement qui pût lui faire traverser l'épaisseur de ces corps?

Ajoutons donc cette hypothese, que non seulement les surfaces réfléchissantes ont leurs pores remplis de lumiere, pour réfléchir celle qui tombe dessus ; mais que cette lumiere, dans les surfaces colorées, est de telle ou telle espece, et capable par-là de recevoir et de rendre à des globules semblables le mouvement qui leur est propre. Ainsi, la cochenille teint en rouge, non par elle-même, mais parce que ses particules, divisées et logées dans les pores de la laine, sont comme autant de petites éponges abreuvées de lumiere rubrifique, propres à

XVII. LEÇON.

réagir contre une pareille lumiere, et sur lesquelles les rayons d'une nature différente s'amortissent et s'éteignent, par le défaut d'une réaction convenable.

Concevons de plus les corps transparents qui ont des couleurs, non comme des simples cribles, mais comme des raiseaux dont les mailles contiennent quelque espece particuliere de lumiere capable de recevoir et de transmettre au-delà le mouvement qui lui est communiqué par des rayons d'une même nature : les pores alignés d'une masse de vin, renferment donc des suites de globules rubrifiques, qui, frappés par une lumiere composée, ne reçoivent et ne transmettent que le mouvement qui appartient aux rayons de cette couleur.

Les surfaces parfaitement réfléchissantes, celles que nous nommons *miroirs*, et qui renvoient toutes les especes de lumieres, séparément ou toutes ensemble, contiennent dans leurs pores, ainsi que les corps *limpides*, comme le verre, l'eau, etc., des globules de tous les ordres et dans une proportion semblable à celle que

la nature a observée dans la composition de la lumiere solaire : de-là vient que ces corps sont toujours prêts à repousser ou à transmettre l'action des rayons homogenes, séparés ou réunis.

Les surfaces blanches et les corps qui n'ont qu'une transparence imparfaite et sans couleur, ne different de ces derniers que du plus au moins : c'est-à-dire, que la lumiere incidente s'y réfléchit, ou passe à travers avec déchet et irrégularité, soit par défaut d'alignement dans les pores, soit par une figure, une grandeur, un arrangement peu favorables des parties propres de ces corps.

Enfin, ce que nous nommons *sombre*, *obscur* et *noir*, n'est qu'une privation plus ou moins grande de la lumiere transmise ou réfléchie : ce qui vient de ce que les corps éclairés, qui nous paroissent tels, absorbent ou éteignent l'action de la lumiere : cet effet, suivant l'opinion que j'expose ici, doit être attribué à ce que la lumiere qui remplit les pores, se trouve trop engagée parmi les parties propres des matieres qui la contiennent, et est incapable par-là

XVII. LEÇON. de recevoir et de communiquer une grande partie du choc qui lui vient des rayons incidents.

Puisqu'on n'est pas d'accord sur la nature du mouvement dont la lumiere s'anime, et que bien des gens tiennent encore aujourd'hui pour la translation ou émission réelle des globules, je ne prétends donner tout ce que je viens de dire en dernier lieu, que comme une hypothese ; mais qu'on l'embrasse ou qu'on la rejette, par rapport à l'inhérence prétendue de la lumiere dans les corps, et à la maniere dont je suppose que l'action des rayons incidents se transmet par les milieux diaphanes, ou se réfléchit par les surfaces opaques, je ne crois pas qu'on puisse se dispenser d'en admettre la partie essentielle qui n'intéresse aucun système, ou plutôt qui s'accommode à tous ; je veux dire ce que j'ai avancé d'abord, que la couleur des corps naturels consiste principalement dans un certain arrangement, dans la figure particuliere et dans la ténuité plus ou moins grande de leurs parties, en tant que cela les rend propres à réfléchir ou à

réfracter plus ou moins la lumiere, et à les rendre visibles, sous telle ou telle espece de rayons.

Newton, qu'on ne peut se dispenser de citer à tout instant dans cette matiere, après un grand nombre d'expériences et dobservations, maniées et examinées avec une exactitude et une sagacité sans exemple, s'en est tenu, pour expliquer les couleurs des corps naturels, à la seule épaisseur plus ou moins grande des petites lames ou particules qui les composent; il a porté sur cela sa théorie et ses calculs si loin, que des commençants auroient peine à le suivre; il ne prétend pas moins que déterminer les degrés de ténuité que doivent avoir les parties constituantes des surfaces ou des épaisseurs, pour réfléchir ou réfracter telle ou telle espece de lumiere, pour faire qu'un corps vu par réflexion ou par transparence, nous semble rouge, jaune, ou bleu. D'où il suit qu'on pourroit aussi juger de la grandeur de ces êtres (que les meilleurs microscopes sont encore bien éloignés de nous faire distinguer) par la couleur seule de leur assemblage,

XVII. LEÇON.

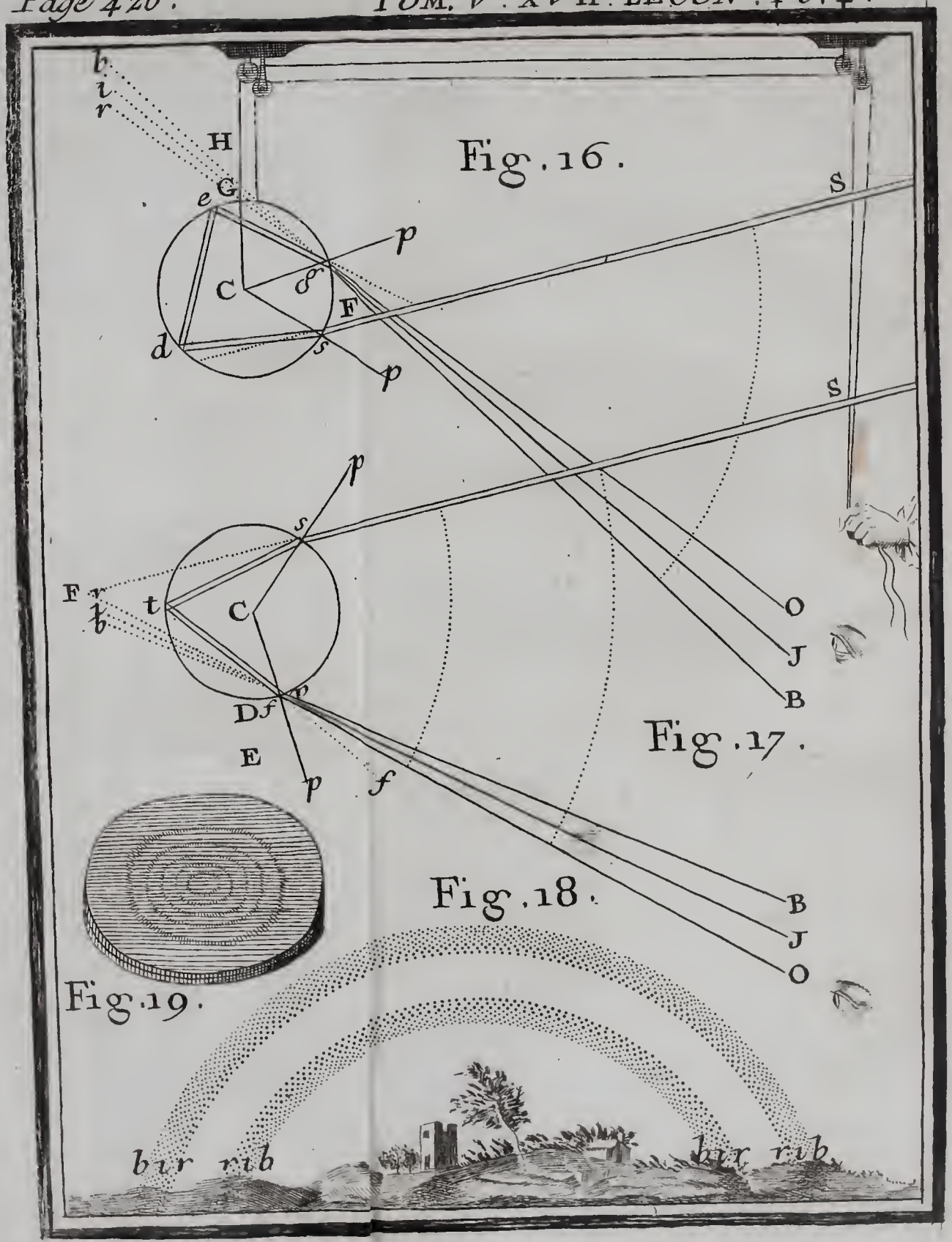
Pour moi, en adoptant pour cause principale des couleurs dans les corps naturels, les différents degrés d'amincissement ou de ténuité de leurs parties, je n'en exclus, ni la figure de chacune d'elles, ni la contexture de leur assemblage, et je compte beaucoup sur les variétés qui naissent delà dans leur porosité. Voici dans l'expérience suivante, une des principales preuves de Newton, qui peut m'en servir également.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Prenez un verre de lunette qui ait une de ses surfaces plane, et un autre verre qui soit très-peu convexe, tel que pourroit être l'objectif d'un télescope de trente pieds ou davantage; appliquez la convexité de celui-ci sur le plan du premier, et serrez-les fortement l'un sur l'autre avec les deux mains, mais de maniere que vous puissiez voir ce qui se passe entre les deux (*a*). Voyez la *fig.* 19.

(*a*) Au défaut d'objectifs de long foyer, on peut faire ces expériences en appuyant les côtés de deux prismes l'un sur l'autre : car


b
i
r
H
G
e
C
p
S
F
d
s
p
S
Fig. 16.
p
s
F
r
i
b
t
C
O
J
B
D
f
E
p
f
Fig. 17.
B
J
O
Fig. 18.
Fig. 19.
bir rib
bir rib

EFFETS.

Ces deux verres ainsi joints, étant posés sur quelque chose d'obscur, afin qu'il ne revienne aucune lumiere de dessous, mais seulement celle qui peut être réfléchie, vous appercevrez au milieu, c'est-à-dire, a l'endroit où ils se touchent et se pressent naturellement, une tache noire entourée de plusieurs anneaux diversement colorés et un peu séparés les uns des autres, par des intervalles d'un blanc simplement lumineux : voici l'ordre de ces couleurs, en commençant par le cercle le plus près de la tache sombre qui occupe le centre : bleu, blanc, jaune, rouge, violet, bleu, verd, jaune, rouge, pourpre, bleu, verd, jaune, rouge, verd, rouge. Quelquefois on en apperçoit encore d'autres, mais qui s'affoiblissent tellement en approchant de la circonférence des verres, qu'ils sont presqu'imperceptibles.

comme il est très-rare que leurs surfaces soient rigoureusement planes, on peut compter qu'elles commenceront à se toucher par un point ou par un très-petit espace, comme les verres un peu convexes.

XVII. LEÇON.

Si vous tenez ces verres ainsi pressés, de façon que vous puissiez recevoir dans l'œil la lumiere qui les traverse, au lieu d'une tache noire ou obscure au centre, vous appercevrez un petit espace circulaire d'une clarté semblable à celle que produit la lumiere du jour, en passant par un simple verre; et les espaces qui séparoient les cercles colorés dont je viens de faire mention, vous paroîtront eux-mêmes des cercles colorés dans l'ordre qui suit: rouge, jaune, noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge, bleu, rouge, verd tirant sur le bleu, etc.

EXPLICATION.

Entre les deux verres de notre expérience, il reste une petite lame d'air circulaire, qui va toujours en s'amincissant de la circonférence vers le centre, et qui manque entiérement à l'endroit du contact: quand on regarde les verres par-dessus, le milieu paroît comme une tache noire ou obscure, parce que la lumiere passe en cet endroit, comme à travers d'un milieu homogene, les deux verres n'en faisant qu'un, à cause de leur jonction

immédiate, et parce que cette lumiere rencontre au-dessous un fond brun ou obscur qui ne la renvoie pas. Ce qui prouve que cela est ainsi, c'est que ce même endroit des verres paroît clair et lumineux à quiconque regarde le jour à travers. XVII. LEÇON.

A compter de cet espace circulaire jusqu'à la circonférence des verres, la lame d'air qui est entre deux, augmente d'épaisseur imperceptiblement; et puisque les couleurs des cercles qu'on apperçoit, tant par réflexion que par transparence, changent avec ces différents degrés de ténuité, il y a tout lieu de croire, que c'est de là principalement que dépend dans les corps le pouvoir qu'ils ont de réfléchir ou de transmettre telle ou telle espece de lumiere.

Si cela n'arrivoit qu'avec des lames d'air amincies de cette maniere, on pourroit attribuer à quelque qualité particuliere de ce fluide, la variété des couleurs dont il est ici question; mais les émailleurs, en soufflant du verre extrêmement mince, nous donnent occasion d'appercevoir les mêmes effets dans les fragments qui

XVII. LEÇON.

se trouvent presque toujours d'une épaisseur inégale; et qui est-ce qui ne les a point vus et admirés dans ces boules légeres que forment les enfants avec un chalumeau de paille et de l'eau chargée de savon?

Ce qu'on doit remarquer encore dans l'expérience des deux verres, c'est qu'en les serrant de plus en plus l'un sur l'autre, on amincit à proportion les bords intérieurs de la lame d'air, et en même temps on voit les cercles de couleurs s'éloigner du centre: on observe aussi de pareils changements aux boules d'eau de savon, aussi-tôt après qu'on les a formées, parce que la pesanteur entraînant la liqueur du haut en bas, amincit peu à peu les boules dans leur épaisseur à tout instant. Tout cela prouve de plus en plus que les couleurs ne tiennent point à la nature des corps, puisque la même matiere les prend et les quitte successivement, mais plutôt aux degrés d'amincissement des parties, puisqu'avec cette condition on fait prendre les mêmes couleurs à différents corps.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Ayez 1.° un peu d'esprit-de-vin, dans lequel on ait fait infuser à froid et pendant quelques moments, des feuilles de roses, de façon que la liqueur n'en ait pas contracté une couleur sensible.

2.° Du sirop de violettes étendu dans de l'eau claire à parties égales.

3.° De l'eau commune légérement chargée de vitriol bleu, de sorte qu'elle n'ait qu'une couleur d'aigue-marine.

4.° Un peu de sublimé-corrosif fondu dans de l'eau bien nette, et qu'il faut clarifier ensuite, soit en la laissant reposer, soit en la filtrant par le papier gris.

5.° De la teinture de tournesol.

6.° De l'eau-forte ou de l'esprit de nitre.

7.° De l'huile de tartre par défaillance.

8.° De l'esprit volatil de sel ammoniac.

9.° Cinq ou six petits verres à boire

XVII. LEÇON.

unis, d'une figure conique et bien transparents.

EFFETS.

Si dans la premiere de ces liqueurs vous faites tomber une goutte ou deux d'eau-forte ou d'esprit de nitre, elle devient tout-d'un-coup d'un beau rouge couleur de rose.

En jettant de même un peu d'eau-forte dans l'infusion de tournesol, on change subitement sa couleur bleue en un rouge couleur de feu.

Le sirop de violettes devient verd, par l'addition de l'huile de tartre.

Ce même sirop devient rouge, quand on y mêle de l'eau-forte.

Dans la solution de vitriol bleu, versez un peu d'esprit volatil de sel ammoniac; vous aurez une liqueur d'un très-beau bleu.

Ajoutez-y peu à peu de l'eau-forte, le bleu disparoîtra, et vous verrez renaître la premiere couleur d'aigue-marine.

L'eau chargée de sublimé-corrosif, perd sa limpidité et devient d'un rouge opaque de rouille de fer, par l'addition de l'huile de tartre.

Ce

Ce mélange passe de la couleur rouge au blanc de lait, quand on y ajoute de l'esprit volatil de sel ammoniac. XVII. LEÇON.

Enfin on lui rend sa première limpidité, et l'on fait disparoître toute couleur, en y versant de l'eau-forte.

Il n'est pas nécessaire que j'indique ici des choses précises, pour tous ces mélanges, ils se feront toujours avec succès, si les liqueurs sont bien préparées : il suffit de verser doucement les unes sur les autres, jusqu'à ce qu'on voie paroître l'effet qu'on attend.

Il est bon d'avertir aussi, qu'il faut recueillir avec soin toutes ces liqueurs dans une jatte ou dans une cuvette, après chaque expérience, pour les jeter dans un endroit où les animaux, ni aucune personne, ne puissent en être incommodés. L'eau-forte, et surtout le sublimé-corrosif sont des drogues dangereuses.

EXPLICATION.

Toutes ces expériences et une infinité d'autres semblables, qu'on trouve dans tous les livres de Physique et de

Chymie (*a*), peuvent se réduire à ces quatre effets principaux.

XVII. LEÇON.

Le premier : on voit naître une couleur bien décidée, par le mélange de deux liqueurs qui n'en ont point séparément l'une de l'autre.

Le second : une couleur se change en une autre très différente, par l'addition d'une liqueur qui n'est nullement colorée.

Le troisieme : une liqueur limpide et sans couleur, devient opaque et colorée, en se mêlant avec une autre liqueur limpide comme elle.

Le quatrieme : un mélange qui a de la couleur et de l'opacité, perd l'une et l'autre, par l'addition d'une liqueur, laquelle, à en juger par la limpidité et par la petite quantité qu'on en emploie à cet effet, paroîtroit propre à partager simplement les qualités qu'elle détruit.

Tout cela me semble s'expliquer

(*a*) Quiconque sera curieux de voir un plus grand nombre de ces expériences, pourra consulter les Commentaires de M. Muschembroek sur les expériences de l'Académie del Cimento, qu'il a traduites en latin *Tentamina Florentina*, in-4°.

assez bien, par les principes que nous avons établis ou adoptés ci dessus. Si les liqueurs n'ont point de couleur avant que d'être mêlées ensemble, d'où peut leur venir celles qu'elles ont après le mélange, sinon d'un changement de porosité, qui les rend propres à transmettre une espece particuliere de lumiere, au lieu de toutes sortes de rayons qu'elles admettoient auparavant, et auxquels elles donnoient un passage libre? et si l'on demande quelle est la cause de cette nouvelle porosité, on peut répondre avec Newton, qu'elle vient de ce qu'une des deux liqueurs atténue les parties de l'autre et les rend plus minces, ou de ce qu'elle fait tout le contraire, en leur unissant les siennes. Il est probable, par exemple, que l'esprit de nitre, en qualité d'acide, divise les molécules du sirop de violette, et ouvre des pores tels qu'il les faut pour le passage des rayons rouges, tandis que l'huile de tartre faisant un effet tout opposé, ne laisse des routes ouvertes que pour une lumiere plus foible de sa nature, telle que celle dont les rayons sont verds.

XVII. Leçon.

L'on peut apporter les mêmes rai-

XVII. LEÇON.

sons pour le second effet, et même pour le troisieme ; car si la limpidité consiste dans l'alignement bien parfait des pores en tout sens, et que cette disposition dépende, comme on n'en peut pas douter, de la figure et de la ténuité des parties solides, il ne suffit pas, pour faire un mélange transparent, que les liqueurs composantes soient limpides séparément ; il peut arriver que dans leur union, les molécules deviennent plus grossieres, et s'arrangent tout autrement qu'auparavant ; et en voilà assez pour produire l'opacité : c'est ce qui arrive apparemment, quand on mêle avec la solution du sublimé, l'huile de tartre ou l'esprit volatile de sel ammoniac.

Et si la limpidité renaît dans le mélange, par l'addition de l'eau-forte, c'est que cette liqueur acide désunit les parties qui s'étoient liées ensemble, leur rend leur premiere ténuité, et l'arrangement régulier qui est nécessaire pour composer une masse transparente et sans couleur.

APPLICATIONS.

Nous avons tous les jours sous les

yeux des productions des changements, des extinctions de couleurs, que nous ne pouvons attribuer raisonnablement à d'autres causes, qu'à la nouvelle contexture des surfaces, ou à quelque mouvement intestin, qui change la porosité de la masse. Parcourons quelques-uns de ces effets, et choisissons de préférence ceux qui sont les plus connus.

Le papier teint en bleu ou en violet, devient d'abord d'un beau rouge, qui pâlit peu de temps après, lorsqu'on passe dessus un peu d'eau-forte affoiblie avec de l'eau commune; l'on voit à peu près la même chose, quand on le touche avec quelqu'autre acide, comme le jus de citron, le vinaigre, l'esprit de vitriol, la simple dissolution de nitre, etc. Après les expériences rapportées ci-dessus, il est aisé de comprendre, que les parties colorantes qui tiennent à la surface du papier, étant livrées à l'action d'un acide, change de grandeur et probablement de figure, et que par-là elles deviennent propres à réfléchir des rayons rouges plutôt que des bleus et des violets: et comme cette action

XVII. LEÇON.

dure un certain temps, avant que d'avoir tout son effet, le rouge, qui paroît d'abord très-foncé et très-vif, arrive par plusieurs nuances successives, à une couleur plus pâle et plus languissante.

C'est ainsi que certaines matieres tachent les étoffes, en désunissant les parties composantes de leur teinture; les endroits qui en sont atteints paroissent sous d'autres couleurs, et cela est ordinairement sans remede; un moyen de prévenir ces effets en tout ou en partie, c'est lorsqu'on en a le temps, de noyer dans beaucoup d'eau bien nette, la matiere qui doit les produire; encore faut-il que la teinture qu'on veut conserver, ne soit pas de nature elle-même à céder à l'eau dont on veut laver l'étoffe.

L'attouchement du grand air, la lumiere du jour, les rayons du soleil, l'action du feu, suffisent pour altérer en peu de temps, certaines couleurs tendres, comme la couleur de rose, de citron, et quantité d'autres, qu'on nomme de *petits teints*, à cause de leur peu de solidité. Il y grande apparence que ces altérations viennent,

pour la plupart, de ce que les drogues qu'on a associées pour composer ces teintures, se désunissent aisément par toutes ces causes, ou que les parties colorantes, sans se décomposer, se détachent des surfaces qui s'en étoient chargées. Mais de l'une ou de l'autre façon, l'étoffe devient par-là hors d'état de réfléchir la même espece de lumiere qu'auparavant.

Parmi les effets de cette sorte, produits par l'action du feu, il n'en est guere de plus singulier ni de plus remarquable, que ce qui arrive aux écrevisses, aux crabes, et à quantité d'autres poissons crustacées : à quoi peut-on attribuer ce beau rouge dont ils se teignent en cuisant, sinon à quelque changement de contexture superficielle ? changement si délicat, et tellement imperceptible, que l'œil le plus fin, armé du meilleur microscope, ne peut découvrir en quoi il consiste.

L'action de l'air à cet égard a aussi des effets bien dignes d'attention ; sans elle il y a tout lieu de croire que nous serions privés de ce beau verd qui nous flatte la vue d'une maniere si

XVII. LEÇON.

délicieuse dans nos campagnes et dans nos jardins, puisqu'il ne vient point aux plantes qu'on tient couvertes, et puisqu'on le fait perdre en peu de jours à celles qui l'ont, en les enveloppant seulement avec de la paille ou avec de la terre ; car c'est ainsi qu'on fait blanchir le céleri, la chicorée, les cardons, etc., dans les potagers ; et l'herbe qui commence à croître dans quelqu'endroit resserré et couvert, comme sous un banc, sous une pierre, ou une tuile un peu soulevée, etc., ne montre que des jets blancs qui tirent sur le jaune.

Mais l'air ne contribue pas seulement à la couleur verte, il semble qu'il ait aussi grande part à toutes les autres, si l'on en juge par les observations suivantes.

On trouve sur les bords de la mer, et spécialement sur les côtes d'Aunis, quand la marée est basse, un petit limaçon qui a sur le cou une grosse veine d'un blanc tirant sur le jaune, et l'on voit aussi autour de ce coquillage des petits corps oblongs de la même couleur, et de la grosseur à peu près d'un grain de froment ; si l'on

ouvre ou la veine ou ces especes d'œufs dont je parle, il en sort une liqueur épaisse un peu visqueuse, et qui ressemble par sa couleur à une eau sale et épaisse; mais dès qu'elle a été exposée quelques moments au grand air, elle devient d'un très-beau pourpre, et le linge qui en est taché ne se déteint point au blanchissage ordinaire. Voyez sur cela un Mémoire très-curieux de M. de Réaumur, dans le volume de l'Académie des Sciences pour l'année 1711.

L'eau teinte avec l'orseille (*a*) perd en très-peu de temps sa belle couleur rouge, si elle est renfermée dans un vaisseau et privée du contact de l'air libre; je dis de l'air libre, car il suffit pour cet effet, que l'orifice de la bouteille qui la contient, soit bien étroit, sans être bouché, pourvu qu'on ne

(*a*) L'orseille est une espece de lichen ou de mousse qui croît sur les rochers. On la tire des Canaries; et en la préparant avec l'urine et l'eau de chaux, on en fait une pâte qui, délayée dans de l'eau, sert à teindre les étoffes communes de laine, comme les draps des troupes, les serges dont les gens de campagne s'habillent, etc.

XVII. LEÇON.

l'agite point. L'eau qui se décolore ainsi, demeure claire et sans aucun dépôt apparent ; mais elle est un peu jaunâtre. Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est qu'elle reprend sa premiere couleur, aussi-tôt qu'on y introduit de nouvel air ; et ces alternatives peuvent se répéter autant qu'on le veut. Je fis cette petite découverte en cassant, par accident, un de mes thermometres, construit suivant les principes de M. de Réaumur. On sait que la liqueur de ces instruments est un mélange d'esprit-de-vin et d'eau commune teint avec l'orseille ; celui que je cassai avoit perdu toute sa couleur, et je fus très-surpris de la voir reparoître, lorsque la liqueur fut répandue : j'appris par ce petit malheur, pourquoi nos thermometres sont sujets à se décolorer, et ce qu'on peut faire pour empêcher que cela n'arrive si-tôt, ou pour y remédier, quand cela est arrivé. Je ne purge point d'air la liqueur, comme je le faisois auparavant ; j'en laisse même un peu dans le haut du tube ; et quand, malgré cette précaution, la couleur a disparu, je la fais revivre en descellant le tube pour quel-

ques moments ; je lui donne ainsi de nouvel air, et je le referme ensuite à la maniere ordinaire. XVII. Leçon.

Je remarquerai ici par occasion, que parmi les productions de la nature, il y en a plusieurs qui passent immédiatement de cette couleur blanche qui est un peu jaune, à ce beau rouge cramoisi ou pourpre dont je viens de parler. Je n'en veux citer que quelques exemples, laissant au lecteur le soin d'en observer un plus grand nombre ; le sang et le chyle des animaux different entr'eux par la couleur, à peu près comme la liqueur du limaçon, dont j'ai parlé plus haut, differe d'elle-même, après qu'elle a pris l'air. Les fruits qui rougissent en mûrissant, soit en partie, comme la pêche, le brugnon, etc., soit en entier, comme la cerise, la groseille, etc., nous montrent encore un passage immédiat de l'une de ces deux couleurs à l'autre, etc.

Après le verd et le rouge, je trouve encore que l'impression de l'air contribue au bleu : je savois que l'esprit volatil de sel ammoniac tiroit du cuivre cette belle couleur, et j'étois un jour fort surpris de voir qu'elle ne

XVII. LEÇON.

parût pas dans un petit tube de verre bien fermé que j'avois rempli de cette liqueur, et au fond duquel il y avoit plusieurs petits morceaux de rosette (*a*). Après avoir attendu inutilement pendant plusieurs jours, je ne fis que verser le tout dans un petit vase ouvert que j'agitai un peu, et la teinture se fit parfaitement.

La cuve de pastel, dans laquelle on trempe les étoffes de laine pour les teindre en bleu, ne contient qu'une liqueur verte ; cette couleur disparoît ensuite au grand air, et fait place à celle qu'on a eu intention de faire prendre à la piece de drap.

En y réfléchissant un peu, on trouvera quantité d'autres couleurs qui sembleront dépendre de l'action de l'air : mais dans tous ces effets, est-ce ce fluide qui agit par lui-même, ou sert-il seulement de véhicule à quelque matiere invisible qui soit la cause efficiente des changements que nous voyons ? C'est ce que je n'ai pu décider clairement par rapport à la

(*a*) On appelle ainsi le cuivre rouge le plus pur.

teinture d'orseille, après avoir fait bien des épreuves (*a*) ; et c'est ce qu'il nous importe peu de savoir ici ; il suffit que nous apprenions par les exemples que je viens de citer, que l'air, en touchant les parties propres de certaines matieres, y cause des changements qui ne peuvent concerner que la figure, la grandeur, la situation respective de ces parties, ou la la porosité de la masse, et que de-là il résulte des réflexions et des transparences qui ne conviennent qu'à certaines especes de lumiere.

La fermentation, par de semblables effets, change aussi la couleur des liquides ; avec le même raisin on fait du vin qui est blanc ou rouge, suivant la façon qu'on lui donne : l'un ou l'autre devient jaune, soit en vieillissant, soit en s'éventant, si le vaisseau qui le contient n'est pas bien bouché.

On peut dire en général, que les mixtes dont les principes ne sont pas bien fixes, sont plus sujets à changer de couleur que les matieres simples,

(*a*) Voyez les Mém. de l'Acad. des Sc. 1742, *page* 216 *et suiv.*

XVII. LEÇON.

s'il y en a, ou que les corps d'une composition plus solide. Car si l'on conçoit, par exemple, une surface qui paroisse verte, parce qu'elle renvoie une certaine quantité de rayons jaunes, et autant ou plus de rayons bleus, et que par évaporation ou autrement, elle perde peu à peu celles de ses parties qui réfléchissent la premiere espece de lumiere, elle deviendra bleue, à mesure que le nombre des rayons de cette derniere espece augmentera, à proportion des autres. C'est ainsi que se font des taches bleues sur une étoffe verte, quand on répand dessus quelque matiere capable d'enlever le jaune qui est entré dans la composition de la teinture verte.

C'est par cette raison que les habiles peintres composent leurs couleurs avec des poudres la plupart tirées des minéraux, et les moins susceptibles de céder aux impressions de l'air, afin que la nuance qui résulte de leur assemblage tienne plus long-temps ; ceux qui, par ignorance ou par une mauvaise économie, en usent autrement, ont le desagrément de voir dépérir leurs ouvrages en peu

d'années, parce que quelques-unes des parties qui contribuent au ton de la couleur, ne sont pas de nature à résister comme les autres. XVII. LEÇON.

De ce qu'un corps transmet une espece de lumiere préférablement à une autre, il suit qu'on le peut appercevoir par réflexion, sous une couleur différente de celle avec laquelle on le voit par transparence ; et c'est aussi ce que nous montre l'expérience. L'or qui est d'un beau jaune par des rayons réfléchis de dessus sa surface, paroît verd lorsqu'on l'amincit assez pour voir la lumiere à travers. L'infusion de tournesol est bleue, quand on la regarde de la premiere façon ; de la seconde on la voit ronge.

Bien souvent les corps apperçus de l'une ou de l'autre maniere, paroissent de la même couleur, comme nous le prouve l'inspection des rideaux de taffetas rouge ou bleu, qui sont toujours tels à nos yeux, soit que nous les regardions du dehors, ou du dedans de la chambre ; c'est que le corps le plus diaphane ne transmet jamais toute la lumiere, même homogene, qui se présente à lui ; il en renvoie

XVII. LEÇON.

fort souvent une partie, qui rend sa surface visible.

Mais quand un corps est de nature à réfléchir des rayons d'une certaine espece, qu'arrivera-t-il, s'il n'est éclairé qu'avec une lumiere d'une autre espece ?

Ou il l'éteindra, n'étant pas du tout propre à lui conserver son action, ou il en réfléchira une partie, sans rien changer à sa couleur ; et c'est ce qui arrive le plus souvent. Voilà pourquoi tous les objets d'un appartement se colorent en rouge, quand les rideaux des fenêtres sont de cette couleur, et fortement illuminés ; c'est pour la même raison, qu'ils rendent les visages pâles et semblables à ceux des mourants, s'ils sont de taffetas verd.

Après avoir expliqué en quoi consiste la couleur des corps naturels, comment ils sont propres à réfléchir ou à transmettre les lumieres homogenes, il est à propos d'ajouter ici quelques mots touchant la transparence et l'opacité en général.

Puisque l'or, qui est de toutes les matieres connues la plus dense, devient transparent, lorsqu'il est aminci

jusqu'à un certain point, il est raisonnable de penser qu'il n'y a pas de corps, qui de sa nature soit d'une opacité absolue ; et comme nous voyons les corps les plus diaphanes transmettre d'autant moins de lumiere, que leur épaisseur augmente davantage, il semble qu'on peut dire aussi, qu'il n'y a point de milieu parfaitement transparent, et qui ne puisse devenir opaque. Il ne s'agit donc ici que d'une opacité et d'une transparence relatives et comparées ; il s'agit de savoir comment un corps est plus opaque qu'un autre, ou pourquoi il est plus diaphane.

Je pense, d'après Newton, c'est-à-dire, en considération des raisonnements et des observations sur lesquels ce grand homme appuie son opinion, que, toutes choses égales d'ailleurs, un corps est d'autant plus propre à transmettre la lumiere, que ses parties sont d'une densité plus égale, et je le prouve par l'expérience suivante, et par les observations que j'y ajouterai.

XVII. LEÇON.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Prenez une fiole de verre mince et bien transparent, d'une figure cylindrique, ou à peu près, d'environ un pouce de diametre, et de 7 à 8 pouces de longueur. Emplissez-la jusqu'à moitié avec de l'eau bien claire, et versez par-dessus autant d'esprit de térébenthine : après quoi, sans la remuer, vous la boucherez avec du liége, ou autrement.

EFFETS.

Tant qu'on n'agite point la fiole, les deux liqueurs demeurent l'une sur l'autre sans se mêler, et chacune d'elles conserve toute sa transparence.

Si l'on secoue pendant quelques instants la bouteille, les deux liqueurs se mêlent, de maniere que l'eau se trouve interrompue par une infinité de petits globules d'esprit de térébenthine, et tant que cela dure, le mélange est opaque, et paroît d'un blanc mat.

EXPLICATION.

L'esprit de térébenthine étant plus léger que l'eau, se tient au-dessus quand on le verse doucement, et qu'on n'agite point le vaisseau ; et les deux liqueurs ainsi séparées, jouissent des qualités qui leur sont propres, et par conséquent, de leur transparence naturelle. Mais lorsque, par l'agitation de la bouteille, la moins dense des deux se divise en petits globules, qui interrompent la continuité de l'eau, cela forme un mélange dont les parties sont hétérogenes, quant à la densité pour le moins, et alors la lumiere se perd en grande partie, par les réflexions et réfractions irrégulieres qu'elle souffre dans cette masse; et le reste, repoussé et rebroussant chemin, fait voir le mélange sous une couleur blanche.

APPLICATIONS.

A l'appui de l'expérience que je viens de rapporter en preuve, je pourrois citer grand nombre d'effets, qui viennent visiblement de la même cause. Pourquoi, par exemple, l'eau qui est

XVII. LEÇON.

battue par sa propre chûte, par la roue d'un moulin, ou autrement; pourquoi le blanc d'œuf fouetté, et en général, tous les mucilages, sont-ils opaques et d'une couleur blanche? N'est-ce point parce que l'air qui s'y introduit en petits globules, et qui se trouve mêlé avec des matieres bien plus denses que lui, compose avec elles des masses, dont les parties sont fort différentes entr'elles par la densité?

Au contraire, pourquoi le verre pilé, fêlé, ou dépoli, qui a perdu sa transparence, la reprend-il, ainsi qu'une infinité d'autres matieres, quand on le mouille seulement avec de l'eau? Pourquoi le papier fait-il en quelque façon l'office de vitre, quand il est huilé? C'est, selon toute apparence, parce qu'on substitue à l'air qui est mêlé avec ces matieres, ou qui en remplit les pores et les inégalités, une liqueur dont la densité approche plus de la leur.

Quand il fait froid, les glaces levées d'un carrosse dans lequel on est, se ternissent fort promptement, et empêchent qu'on ne distingue les objets extérieurs. Cela vient de la

transpiration du corps, qui s'attache en forme de petites gouttes à la surface du verre : ces parcelles d'eau avec les cloisons d'air qui les séparent, composent une couche de matiere fort hétérogene, quant à la densité, et par-là très-peu propre à laisser passer la lumiere en droite ligne. Ce qui prouve bien que la glace ne perd sa transparence que par cette cause, c'est que si l'on réunit les petites gouttes qui sont dessus, avec la main, ou en y passant légérement un mouchoir, tout aussi-tôt la glace mouillée d'une maniere continue reprend sa premiere transparence : c'est même un moyen d'empêcher qu'elle ne se ternisse davantage ; car l'humidité qui vient ensuite, ne fait que se joindre à celle qui est étendue, et ne prend plus la forme de goutte.

Les brouillards qui troublent l'atmosphere, et qui en diminuent considérablement la transparence, sont des vapeurs grossieres, dont les molécules sont beaucoup plus denses que celles de l'air : aussi-tôt qu'elles se fondent, qu'elles se divisent ou qu'elles s'amincissent, la clarté re-

XVII. LEÇON.

naît dans le fluide qui les contient. On voit quelque chose de semblable dans les dissolutions chymiques : elles ne sont censées parfaites, que quand elles sont parfaitement claires : jusques-là les gens de l'art pensent avec raison, que la matiere dissoluble n'est point encore autant divisée qu'elle doit l'être.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Cassez en petits morceaux une noix de galle blanche, et mettez-la infuser à froid dans de l'eau bien nette : faites filtrer cette infusion au travers d'un papier gris, et tenez-la dans une bouteille.

Faites dissoudre un peu de vitriol de Mars dans de l'eau froide, et laissez reposer cette dissolution pendant 24 heures dans un petit vase de verre de figure cylindrique. Lorsqu'elle sera bien claire, versez la doucement dans quelque vaisseau bien net, en inclinant peu à peu le verre qui la contient.

Ayez de plus, de l'eau-forte, et

un petit verre uni, semblable à ceux de la 11e expérience.

EFFETS.

Quand on mêle ensemble parties égales d'infusion de noix de galle et de dissolution de vitriol de Mars, ces deux liqueurs, qui sont naturellement claires et sans couleur, forment un mélange noir et opaque, comme de l'encre.

Si l'on y ajoute un peu d'eau-forte, la transparence revient telle qu'elle étoit avant le mélange.

EXPLICATION.

Le vitriol de Mars est un minéral qui contient des parties ferrugineuses : tant qu'elles nagent seules dans de l'eau claire, elles ne nuisent pas beaucoup à sa transparence ; apparemment, parce qu'elles sont d'une ténuité, d'une figure et d'un arrangement propres à donner le passage à toutes sortes de lumieres : mais quand elles viennent à s'unir aux parties gommeuses de la noix de galle, elles forment avec elles des molécules plus grossieres, configurées dif-

XVII. LEÇON.

féremment et qui ne s'arrangent plus de même ; la masse liquide qui en résulte, n'a plus les pores alignés, ni peut-être proportionnés, comme il faut qu'ils le soient, pour transmettre aucune sorte de rayons ; ceux qui la pénetrent, s'y perdent et s'y éteignent : voilà pourquoi elle est noire, de quelque façon qu'on la regarde.

L'eau-forte qu'on ajoute au mélange, fait renaître la transparence, parce qu'elle s'empare des parties de vitriol, et qu'en les séparant de celles de la noix de galle, elle fait cesser un effet dont leur union étoit la cause.

APPLICATIONS.

L'encre commune dont on se sert pour écrire, n'est autre chose essentiellement qu'une teinture de vitriol et de noix de galle, semblable à celle de notre expérience, excepté qu'on la fait bouillir, et qu'on y ajoute un peu de gomme d'Arabie, ou quelque chose d'équivalent, pour l'épaissir un peu, et empêcher qu'elle ne s'étende trop, ou qu'elle ne perce le papier. Toutes les fois que ces drogues se

se trouvent mêlées ensemble avec de l'eau, elles produisent le même effet : ainsi, en les broyant dans un mortier, on peut avoir une poudre avec laquelle, en quelque endroit que ce soit, on fera de l'encre sur-le-champ, en y mêlant un peu d'eau : cela peut avoir son utilité.

Mais puisque l'eau-forte a rendu la transparence au mélange de nos deux liqueurs, nous devons nous attendre qu'elle effacera l'écriture faite avec une encre de cette espece ; et en effet, c'est ainsi que certaines gens exercent leur mauvaise foi, en effaçant sur des actes authentiques certains mots, et des dates qu'ils ont intérêt de supprimer ; et afin qu'on s'apperçoive moins de leur infidélité, ils n'emploient que de l'eau-forte affoiblie avec de l'eau commune, ce qui ménage le papier, et leur donne lieu de substituer d'autres mots à ceux qu'ils ont fait disparoître.

Les corps noirs, tant solides que liquides, sont ordinairement les plus propres à intercepter la lumiere : c'est pour cela que les astronomes enfument les verres à travers lesquels

XVII. LEÇON.

ils regardent le soleil ; afin que l'œil ne soit pas blessé par le trop grand éclat des rayons. L'astre alors paroît d'un jaune tirant sur le rouge, parce que, de toutes les especes de lumiere qui en émanent, celles de ces deux couleurs sont les plus fortes : elles percent des épaisseurs et des degrés d'opacité, dans lesquelles les autres s'arrêtent et s'éteignent.

C'est par la même raison, qu'en certains temps de brouillards, le soleil nous paroît d'un rouge de sang, et que nous le regardons en face, sans que la vue en soit offensée. La pleine-lune à son lever paroît presque toujours ainsi, à cause de la grande quantité de vapeurs qui regnent ordinairement près de la surface de la terre, et qui, arrêtant les rayons les plus foibles de la lumiere, je veux dire, les violets, les bleus, les verds, et une partie même des jaunes, ne nous laisse appercevoir la planette, que par les rouges qui sont les plus forts, mêlés d'une petite quantité des autres. Quand le soleil se couche derriere des nuages qui ne sont pas trop épais, ou dans

des vapeurs grossieres, ceux de ses rayons qui ont la force de les percer, nous les teignent en rouge, et c'est toujours par la même cause. XVII. LEÇON.

Un moyen sûr d'intercepter toute lumiere avec des corps transparents, c'est de lui en opposer deux, dont chacun ait une des couleurs primitives, fort différente de l'autre : par exemple, un verre rouge et un bleu posés l'un sur l'autre ; car puisque le premier, à l'exception des rayons rouges, arrête toute espece de lumiere, même la bleue, et que le second, qui ne pourroit laisser passer que des rayons bleus, intercepte tous les autres, sans en excepter les rouges, c'est une nécessité, que l'un et l'autre unis ensemble produisent l'opacité la plus parfaite : et voilà pourquoi quantité de liqueurs colorées, quoique très-claires et très-transparentes, perdent cette qualité dès qu'on vient à les mêler.

Ne seroit-ce pas pour quelque raison semblable, que les draps sont d'un noir plus beau et plus solide, quand ils ont été teints d'abord en bleu ? Car, si la laine est blanche sous le noir, elle peut renvoyer des rayons

XVII. LEÇON.

de toutes les especes, et les plus forts perçant la teinture noire de plus en plus à mesure qu'elle s'affoiblira, lui donneront un ton rougeâtre ; au lieu que si cette laine est bleue, il n'en peut revenir que des rayons foibles, qui auront beaucoup plus de peine à percer au travers du noir, et qui, s'ils perçoient, ne marqueroient pas comme les rouges.

Ayant considéré les couleurs dans la lumiere, et ensuite dans les corps naturels, l'ordre des matieres demanderoit, que nous les examinassions maintenant dans le sens de la vue, par lequel nous en acquérons les idées ; mais comme j'aurois peine à me faire entendre, avant que d'avoir fait connoître l'organe qui est le siége de ce sens, je crois qu'il est à propos de terminer ici la IIIe Section, en différant ce qu'il me reste à dire sur les couleurs jusqu'à ce que j'aie parlé des différentes parties de l'œil et de leurs fonctions.

IV. SECTION.

Sur la Vision, et sur les Instruments d'Optique.

LA vision des objets est l'idée que nous concevons d'eux, en conséquence des impressions qu'ils font sur nous, par le moyen de la lumiere. Une certaine partie du corps animé, qu'on nomme l'*œil*, est l'organe particuliérement destiné à recevoir ces impressions; tant qu'il est sain, et dans son état naturel, l'usage que nous en faisons peut suffire à nos besoins ordinaires; s'il est malade, ou que notre curiosité exige de lui ce qu'il ne peut faire, l'art vient à son secours, et lui offre des instruments, par le moyen desquels il atteint à des objets que la nature sembloit avoir mis hors de sa portée.

Ce court exposé annonce deux sortes de vision, savoir: 1.° celle qui se fait par le moyen des yeux seuls, et que j'appellerai *vision naturelle*; 2.° celle qui est aidée ou augmentée par

XVII. LEÇON.

les instruments d'Optique, tels que sont les lunettes, les microscopes, etc., et qu'on peut nommer *vision artificielle*.

ARTICLE PREMIER.

De la vision naturelle.

En parlant des différents mouvements de la lumiere, dans la seconde Section, j'ai représenté les rayons qui viennent à nous de tous les points de l'objet, comme autant de pinceaux ou de pyramides lumineuses, qui ont pour base commune cette partie circulaire de l'œil, qu'on nomme la *prunelle*. Je me suis contenté de les suivre jusqu'à cette ouverture, ou, si j'ai parlé de leur prolongement au-delà, je n'ai eu égard qu'à leurs axes, que j'ai considérés comme de simples lignes. Si ces pyramides portoient leurs bases jusqu'au fond de l'œil, elles y feroient de larges et foibles impressions, qui ne manqueroient pas de se confondre les unes avec les autres : différents points de l'objet visible se feroient sentir ensemble sur une même partie de l'or-

gane, la vision seroit par-là très-confuse. L'Auteur de la nature a pris des précautions très-sages, pour empêcher ce mauvais effet : chacune des pyramides dont il s'agit, n'est pas plutôt arrivée à l'œil, qu'elle s'y convertit en un autre pyramide opposée par sa base à la premiere, et dont la pointe va toucher le fond de l'œil : par ce moyen la vision devient claire, pour deux raisons. Premiérement, parce que chaque impression est plus forte, étant produite par tous les rayons de la pyramide réunis sur un très-petit espace ; secondement, parce que toutes les impressions se font sur différentes parties de l'organe, ce qui fait sentir séparément tous les points de l'objet.

Mais comment la lumiere qui entre dans la prunelle, reçoit-elle cette nouvelle modification qui la rend convergente, de divergente qu'elle étoit ? C'est ce merveilleux méchanisme que je dois expliquer maintenant. Avant que de l'entreprendre, il est nécessaire que je fasse connoître les différentes parties de l'œil, puisque c'est de leurs fonctions que dé-

pendent les effets dont j'ai à parler.

XVII. LEÇON. L'homme, et la plupart des animaux (*a*) ont deux yeux placés à la partie antérieure de la tête : chacun de ces organes est une espece de globe, renfermé en partie dans une cavité osseuse, qu'on nomme *orbite*, où il se meut en toutes sortes de sens par le moyen de six muscles.

Ce globe est composé extérieurement de plusieurs membranes, les unes sur les autres, qui tirent leur origine d'un nerf qui vient du cerveau, et qui porte le nom de *nerf optique* : le dedans est rempli par trois humeurs de différentes consistances, dont je parlerai ci-après.

Le nerf optique ainsi que les autres, a trois parties principales, savoir : la *dure-mere* qui l'enveloppe extérieurement ; la *pie-mere*, qui est comme une seconde enveloppe au-dessous, et la moëlle, qui est une substance

(*a*) Je n'ai aucun égard ici aux différences qui se trouvent dans les yeux des animaux, quant à la conformation, à la position, ni au nombre ; je n'ai en vue que les yeux des animaux les plus grands et les plus connus, et principalement ceux de l'homme.

plus molles : ces trois parties se dilatent pour former le globe de l'œil, et portent différents noms. XVII. LEÇON.

La premiere, qui est une expansion de la dure-mere, se nomme *sclérotique :* sa partie antérieure est transparente, comme la corne dont on garnit les lanternes, et saille un peu, comme une portion de sphere plus petite que celle de l'œil, on l'appelle aussi *cornée;* et alors, pour distinguer ses deux parties, on nomme la derniere *cornée transparente*, et l'autre *cornée opaque.*

La pie-mere, en s'épanouissant sous la sclérotique, forme la seconde enveloppe, qui porte le nom de *choroïde*, et qui se divise en deux lames, dont l'une parfaitement contiguë à la sclérotique, se confond avec elle, près de la cornée transparente.

« La seconde lame de la pie-mere, » dit M. le Cat, dans son Traité » des Sens, page 373, fait proprement » ce qu'on appelle *la choroïde*, ou » *l'uvée* ; mais cette lame n'est qu'un » tissu des vaisseaux nerveux et liquoreux, qui sortent de la surface interne de la premiere lame. Ces vais-

XVII. LEÇON.

» seaux portent une encre qui donne » la couleur noire ou brune à cette » seconde lame. Une partie de ces » vaisseaux et de ces nerfs s'ouvre à » la face interne de cette lame, et » forme un tissu velouté, ou ma- » millaire, chargé de l'encre dont je » viens de parler. Ruisch a fait une » tunique particuliere de ce velouté, » et on la nomme la seconde tunique » de la choroïde : ce seroit, selon » nous, la troisieme que la pie-mere » donneroit à l'œil, savoir : une » vraiment membraneuse unie à la » sclérotique ou cornée opaque, une » vasculaire appellée *choroïde*, et » une veloutée appelée *tunique de* » *Ruisch*. »

Vers le bord de la cornée transparente, la choroïde se dédouble : sa partie antérieure forme l'*iris*, et sa partie postérieure est ce qu'on nomme la *couronne ciliaire*.

L'iris est ce cercle coloré qu'on apperçoit sous la cornée transparente, et au milieu duquel il y a un trou rond qu'on nomme la *prunelle*, ou la *pupille*. Cette partie, dont la couleur change, suivant les différents in-

dividus, a des fibres musculaires, dont les unes forment des cercles concentriques, et les autres sont comme des rayons qui tendent au centre de la prunelle. Les yeux bleus, sur-tout aux enfants, ont quelquefois ces dernieres fibres si apparentes, que le vulgaire croit y voir des cadrans, et les regarde comme une merveille.

La couronne ciliaire embrasse, et tient suspendu vis-à-vis la prunelle, un corps transparent d'une figure lenticulaire, plus convexe vers le fond de l'œil, que par-devant, et que l'on nomme le *crystallin*.

La partie médullaire du nerf optique s'épanouit aussi, et produit sous la choroïde une troisieme membrane très-fine, baveuse, qui tapisse tout l'intérieur de l'œil, en se terminant à la couronne ciliaire : c'est ce qu'on nomme la *rétine*.

Toutes les parties que je viens de décrire, partagent l'intérieur du globe de l'œil en trois *chambres* : la premiere est comprise entre la cornée transparente et l'iris : la seconde, entre l'iris et le crystallin, qui forme avec la couronne ciliaire une espece

XVII. LEÇON.

de cloison. Ces deux premieres chambres communiquent ensemble par la prunelle, et renferment une liqueur claire comme de l'eau, et qu'on nomme pour cela l'*humeur aqueuse*. La troisieme chambre, beaucoup plus grande que les précédentes, est comprise entre le crystallin et le fond de l'œil : elle contient une substance très-limpide, qui est d'une consistance assez semblable à celle de la gelée de viande : on l'appelle l'*humeur vitrée*.

On doit donc concevoir, que le crystallin enchâssé dans la couronne ciliaire, se trouve suspendu vis-à-vis de la prunelle, entre l'humeur aqueuse et l'humeur vitrée ; et que toutes ces petites fibres, qui tiennent ainsi à sa circonférence, sont des productions de la choroïde, laquelle appartient elle-même à la pie-mere, seconde enveloppe du nerf optique.

Le globe dont je viens de faire la description, se meut, comme je l'ai déjà dit, dans l'orbite ; et pour se conserver, il a, par-devant deux especes de rideaux, qu'on nomme *paupieres*, que l'animal peut ouvrir et fermer à son gré, et qui sont bordées

d'une frange de poils, pour en écarter les petits corps étrangers, ou les insectes qui voltigent dans l'air, et qui pourroient nuire à cet organe si précieux et si délicat.

Ce que je viens d'exposer ici touchant les parties de l'œil, me suffit pour faire entendre ce que j'ai à dire sur le méchanisme de la vision. Si l'on en veut savoir davantage, on peut consulter les auteurs anatomistes, qui ont traité cette matiere dans toute son étendue : il y en a un grand nombre ; mais sur les organes des sens, l'ouvrage de M. le Cat que j'ai cité ci-dessus, me paroît un des meilleurs, par sa netteté et son exactitude.

La nature et la construction de l'œil étant connues, voici en gros comment on peut concevoir que les objets extérieurs font impression sur cet organe, et de quelle maniere leurs différentes parties se font sentir, quand elles sont à une distance convenable et suffisamment illuminées.

Le crystallin étant par sa figure et par sa transparence tout-à-fait semblable à une lentille de verre, et se trouvant placé entre des milieux d'une

XVII. LEÇON.

densité moindre que la sienne, doit avoir des effets semblables à ceux d'un verre lenticulaire placé dans l'air ou dans l'eau : or, la Dioptrique nous apprend, qu'un tel verre, dans ces circonstances, rassemble dans un foyer les rayons paralleles ou peu divergents qu'il reçoit : d'où je conclus qu'une pyramide de lumiere, qui, partant d'un point lumineux *A*, *fig.* 1, placé à une certaine distance, viendroit tomber sur le crystallin *C*, pourroit, après s'y être réfractée, tant en entrant, qu'en sortant, se rassembler en *a* au fond de l'œil, et faire dans ce petit endroit, toute l'impression qui se seroit distribuée sur un bien plus grand espace, si les rayons qui composent cette pyramide n'avoient pas été réfractés par le crystallin.

Je conçois encore, que si deux pyramides semblables à la précédente, viennent des extrémités et du milieu d'un même objet, appuyer leurs bases sur la surface du crystallin, comme *A C*, *B C*, *D C*, *fig.* 2, non seulement chacune d'elles se rassemblera dans un point *a b*, ou *d*; mais

que ces points de réunion seront séparés et distincts l'un de l'autre, et qui se rangeront au fond de l'œil, dans un ordre opposé à celui des parties de l'objet, d'où viennent les rayons. Ce qui m'apprend : 1.° pourquoi les impressions faites sur l'organe par la lumiere qui procede des différents points de l'objet visible, ne se confondent pas les unes avec les autres : 2.° comment l'image de l'objet qui résulte de ces impressions, se trouve renversée dans l'œil.

Voilà ce que nous devons penser des fonctions de l'œil, en raisonnant suivant les principes qui ont été établis dans le premier et le troisieme articles de la IIe Section. Ces principes sont si certains, que quand nous n'aurions pas d'autres garants, on pourroit compter en toute sûreté sur ce que je viens d'exposer ; mais joignons l'expérience à la théorie, et faisons voir, par une imitation de l'œil, que les effets de la lumiere y sont tels que je les ai conçus.

XVII. LEÇON.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

L'instrument représenté par la *fig.* 3, est une boîte de bois ronde et grosse à peu près comme celles dans lesquelles on renferme les savonetes : elle est portée sur un pied, pour être maniée et posée plus commodément.

Cette boîte est percée de deux trous ronds, diamétralement opposés, dont l'un qui a un pouce et demi de diametre, est recouvert avec un papier huilé, et l'autre reçoit un petit tuyau de bois d'un pouce de diametre, et cylindrique extérieurement, qui n'a qu'un pouce au plus de longueur.

Ce tuyau a intérieurement la forme d'un cône tronqué, et porte à son extrémité la plus étroite un petit verre lenticulaire, dont le foyer est à peu près à la distance du papier huilé ; de sorte qu'on peut lui faire arriver justement, en faisant avancer un peu ou reculer le petit tuyau.

EFFETS.

Si, placé dans un lieu un peu obscur, on tient l'instrument de maniere que le verre soit tourné vers quelque objet bien éclairé, et qui ne soit éloigné que de 30 ou 40 pas, on voit cet objet peint avec toutes ses couleurs très-distinctement sur le papier huilé, et dans une situation renversée.

EXPLICATION.

Ces effets étant parfaitement conformes à ce que nous avons supposé qui arrive dans l'œil, en raisonnant d'après la théorie, et l'instrument employé dans notre expérience imitant l'organe de la vision dans sa partie essentielle, on peut regarder ce que j'ai exposé plus haut, à l'aide des *figures* 1 et 2, comme une explication anticipée des résultats qu'on vient de voir, et ces résultats comme des preuves complettes, de ce que la théorie nous avoit fait prévoir; mais comme l'œil artificiel dont nous avons fait usage, ne peut imiter que fort imparfaitement l'organe de la

XVII. LEÇON.

vue, il nous reste encore des remarques importantes à faire sur la vision, dont on trouvera le détail ci-après.

APPLICATIONS.

La cornée avec l'humeur aqueuse qu'elle recouvre, forme un corps transparent d'une surface convexe, et d'une densité plus grande que celle de l'air : de-là résultent des effets avantageux ; cette partie de l'œil, à cause de sa figure, et du pouvoir réfringent qu'elle a, fait entrer dans la prunelle des rayons qui n'y entreroient point sans cela : une partie de ceux qui tomberoient sur l'iris, deviennent, ou moins divergents, ou paralleles, en se réfractant vers *p*, *fig.* 1, et par cette raison, ils entrent en plus grande quantité dans la prunelle, et font voir l'objet plus clairement. De plus, cette même partie de l'œil, à cause de la saillie qu'elle a, procure à la vue une plus grande étendue. Il est aisé de comprendre, que si la cornée étoit plane, et à fleur de l'orbite, l'animal ne verroit que les objets qui seroient

directement placés devant lui ; il faudroit qu'il tournât la tête à tout instant pour appercevoir les autres ; au lieu qu'étant arrondie et saillante, elle fait voir distinctement ce qui est devant l'œil, et appercevoir au moins confusément, ce qui est sur les côtés, jusqu'à une certaine distance.

L'humeur aqueuse, s'il est vrai, comme on le dit, que son degré de réfringence soit égal, ou à peu près, à celui de l'eau, eût été sans effet pour les poissons, la réfraction de la lumiere n'auroit commencé qu'au crystallin ; et s'il eût été reculé comme dans les autres animaux, leur vue n'auroit pas eu cette étendue latérale dont je viens de parler. La nature leur a procuré cet avantage, en leur donnant un crystallin d'une figure sphérique, d'une consistance plus grande, saillant comme notre cornée, et une prunelle très-ouverte. Son intention n'a point été, comme on le croit communément, de suppléer, par la sphéricité du crystallin, à la quantité de réfraction qui manque, par la suppression de l'humeur aqueuse : il est démontré qu'une

XVII. LEÇON.

lentille formée de deux segments, rassemble les rayons plus près du point de leur incidence ; que ne le peut faire la sphere entiere, dont elle fait partie.

La lumiere n'a pas toujours le même degré d'intensité : elle est tantôt plus forte, tantôt plus foible, suivant la nature des corps qui nous l'envoient, et la quantité des obstacles qu'elle rencontre sur sa route : d'ailleurs il y a des yeux plus sensibles les uns que les autres à ses impressions ; il étoit donc nécessaire, pour ménager l'organe, que nous pussions mesurer à notre gré la quantité des rayons qui pénetrent dans l'œil ; et c'est ce que nous faisons sans nous en appercevoir, en étrécissant ou en dilatant la prunelle. Ces mouvements se font par l'action de ces petits muscles, dont nous avons dit que l'iris est composée : le premier, par la contraction des fibres circulaires ; le second, par celle des fibres droites qui tendent à un centre commun ; et quand cela ne se fait point assez promptement, nous en ressentons quelques incom-

modités, comme lorsque nous passons subitement d'un lieu fort obscur dans un autre très-éclairé, ou tout au contraire. Dans le premier cas, le grand jour nous éblouit, et nous fait mal aux yeux ; dans le second, nous sommes quelque temps sans voir les objets ; nous ne commençons à les distinguer que quand la prunelle s'ouvre davantage.

On conçoit facilement, par tout ce que nous avons dit dans la Dioptrique, touchant les effets des lentilles diaphanes, que le crystallin est capable de rassembler, comme dans un point, sur le fond de l'œil, tous les rayons qui, partant d'un même point de l'objet, arrivent à sa surface antérieure ; mais on sait aussi par les mêmes principes, que ce point de réunion doit être plus ou moins éloigné de la lentille, selon que les rayons incidents sont plus ou moins divergents entr'eux ; et comme cette divergence diminue à mesure qu'on augmente la distance entre l'objet et l'œil, on demande, comment il se peut faire que la vision soit distincte, quand on regarde de plus près et de plus loin.

XVII. LEÇON.

Cette difficulté est réelle et bien fondée. Il est sûr que si des rayons divergents comme *A b*, *A d*, *fig.* 4, en passant par les humeurs de l'œil, s'y réfractent précisément autant qu'il le faut pour se réunir à la distance *D D*, où l'on suppose le fond de l'œil ; d'autres rayons plus divergents, comme *B b*, *B d*, si rien ne change dans cet œil, doivent se réunir plus loin, en *E*, par exemple ; et au contraire, ceux qui seroient moins divergents que les premiers, comme *C b*, *C d*, se croiseroient avant que d'arriver à la distance *D D*, comme on le voit en *f*. Dans ces deux derniers cas, la vision seroit confuse, parce que l'impression de la lumiere, au lieu de se faire sur des points de l'organe, se feroit dans des cercles d'une étendue sensible, qui anticiperoient les uns sur les autres. Comme il y a des limites assez grandes, entre lesquelles cela n'arrive pas (*a*), les opti-

(*a*) M. Jurin qui a publié une excellente dissertation sur la vision distincte, prétend que le commun des hommes, dans le moyen âge, voit distinctement les petits objets qui ne sont pas plus près que 6 ou 8 pouces de l'œil, ni plus éloignés que 14 pieds : *Essay on distinct and*

ciens s'y sont pris de différentes manieres pour en rendre raison. XVII. LEÇON.

Les uns prétendent que le globe de l'œil, par l'action des muscles extétieurs, change de figure au besoin ; qu'il s'alonge, pour voir distinctement les objets qui sont trop près de lui ; qu'il se raccourcit au contraire pour ceux qui sont trop éloignés. Si cela est, il ne faut pas chercher d'autres raisons : il est certain, que si le fond de l'œil DD peut se reculer jusqu'en E, et se rapprocher jusqu'en f, les trois sortes de rayons incidents, que nous avons supposés plus haut, pourroient s'y réunir aussi parfaitement qu'il est possible. Mais en considérant d'une part, les limites de la vision distincte, et les différents degrés de divergence qu'elles permettent aux rayons incidents ; et de l'autre, en sommant les effets que peuvent avoir sur la lumiere les humeurs de l'œil, en vertu de leurs pouvoirs ré-

indistinct vision. Le docteur Porterfield, dans les essais de Médecine d'Édimbourg, t. IV. détermine ces limites entre 6 pouces et 27 pouces. Il doit y avoir sur cela bien des variations, suivant la différence des yeux, etc.

XVII. LEÇON.

fractifs (*a*), on trouve qu'il n'est pas vraisemblable, ni même possible, que le globe s'alonge et se raccourcisse autant qu'il faut le supposer, pour satisfaire entiérement à la question dont il s'agit (*b*).

Les autres pensent que le crystallin peut s'avancer ou se reculer, par l'action des ligaments ciliaires que l'on regarde aussi comme des petits muscles : cela seul fourniroit encore une explication satisfaisante, si les mouvements qu'on suppose au crystallin, pouvoient faire varier la distance qu'il y a entre lui et le fond de l'œil, autant que l'exige la différence de celles auxquelles les objets se voient distinctement, mais il

(*a*) Selon M. Jurin, le sinus d'incidence pour la lumiere qui passe de l'air dans l'humeur aqueuse, est au sinus de refraction, comme 4 à 3 : pour celle qui passe de l'humeur aqueuse dans le crystallin, comme 13 à 12 ; et pour celle qui passe du crystallin dans l'humeur vitrée, comme 12 à 13. *Essay on distinct and indistinct vision.*

(*b*) Si l'on admet les limites de la vision distincte établies par M. Jurin, il faudroit que l'axe de l'œil devînt d'un dixieme plus long que dans l'état naturel.

est

Fig. 1.

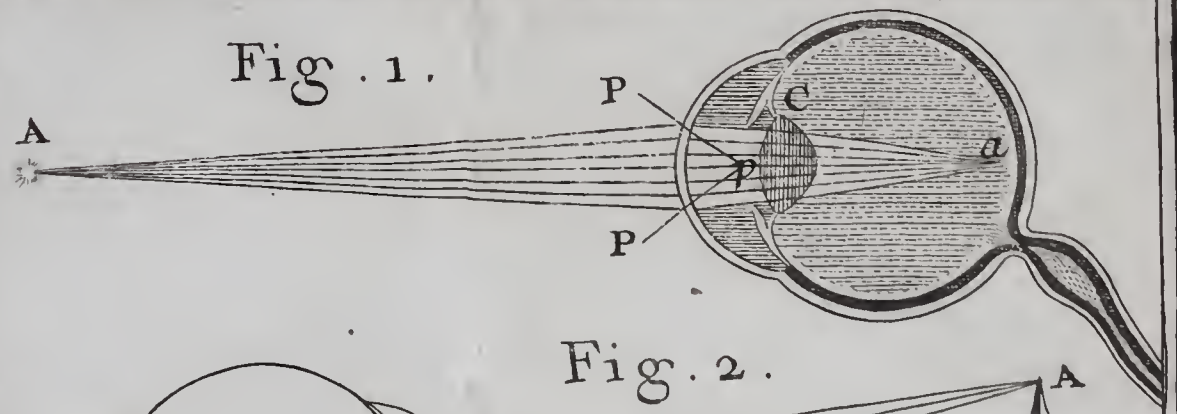


Fig. 2.

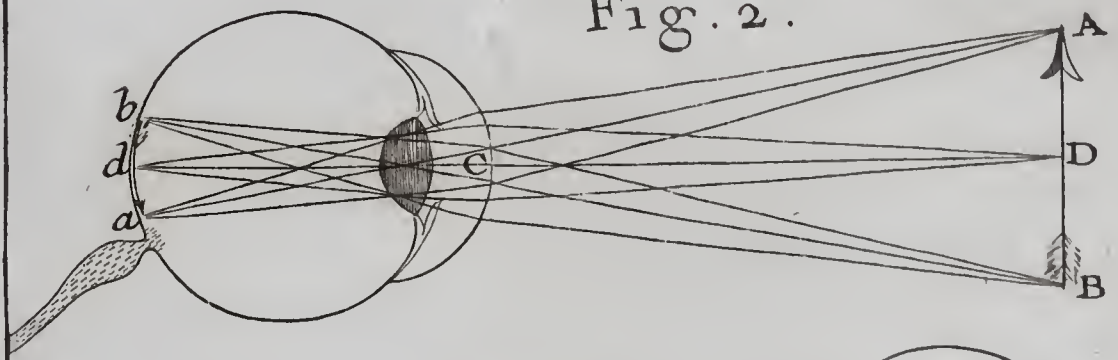


Fig. 4.

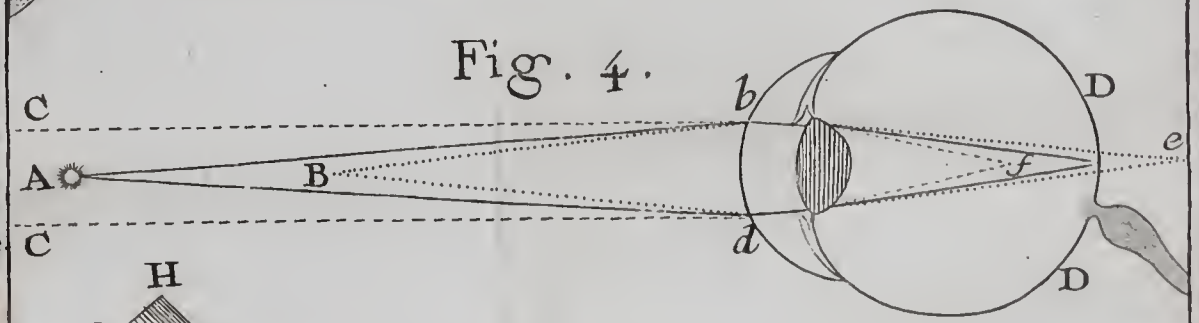


Fig. 5.

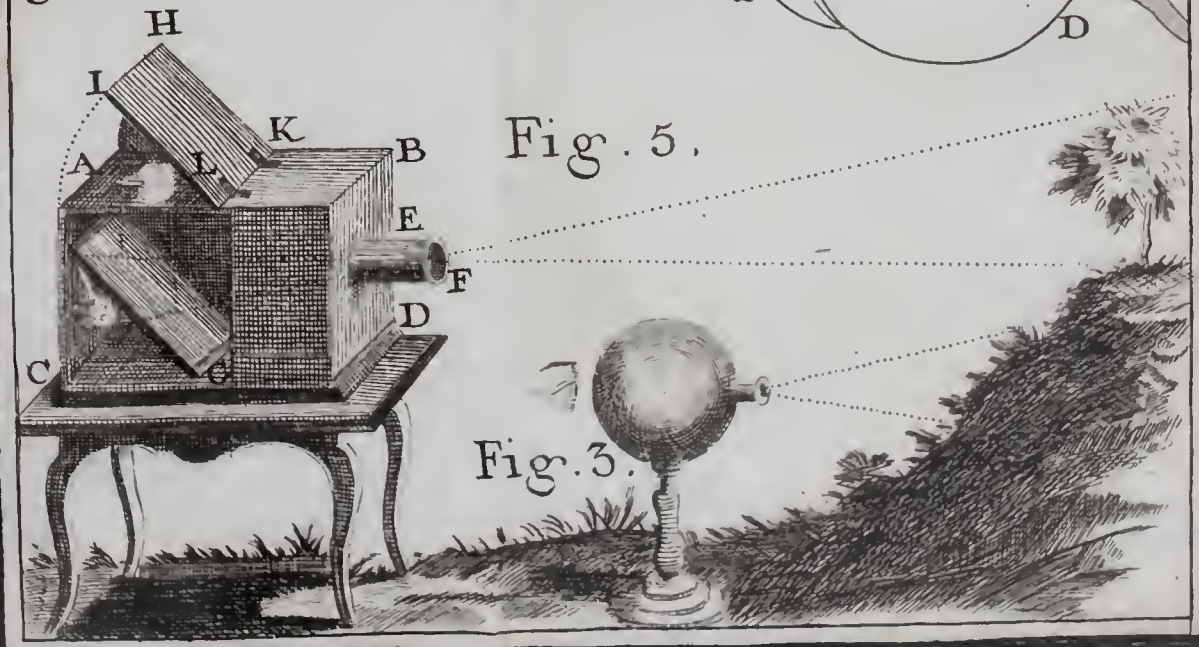


Fig. 3.

est encore moins possible que cela arrive par le jeu qu'on suppose au crystallin ; que par l'alongement et le raccourcissement du globule de l'œil. XVII. LEÇON.

Enfin, M. Jurin, que j'ai déjà cité plusieurs fois, a cru trouver dans l'anatomie de l'œil, plus approfondie qu'elle ne l'avoit été jusqu'à lui, la vraie cause du phénomene dont il est ici question.

Il observe d'abord, que la cornée transparente est flexible et élastique, capable, par conséquent, de devenir plus convexe, si elle est tirée en arriere par sa circonférence, et de reprendre son premier état, dès qu'on fera cesser l'action qui la resserre.

Il remarque ensuite, que l'uvée est une membrane musculeuse, capable de se resserrer, et qu'elle prend son origine dans une protubérance circulaire qui regne le long de l'intérieur de la cornée, à l'endroit où elle se joint à la sclérotique ; il appelle cette protubérance le *grand anneau musculeux* ; et il nomme *petit anneau musculeux* celui de la même membrane, qui est du côté de la prunelle.

On sait d'ailleurs que le crystallin

XVII. LEÇON.

est renfermé dans une capsule membraneuse, avec un peu d'eau entre deux ; que la partie postérieure de cette capsule est adhérente à la membrane déliée qui contient l'humeur vitrée, et que les ligaments ciliaires, qui sont des petits muscles, tiennent d'une part au bord de cette capsule ; et de l'autre, à l'endroit où la cornée transparente se joint avec la sclérotique (*a*).

A l'aide de ces observations, M. Jurin raisonne ainsi : Lorsque l'œil est parfaitement en repos, et qu'il ne fait aucun effort, il est en état de voir très-distinctement les petits objets à une distance donnée, qui est, pour le commun des hommes, de 15 à 16 poucés. « Lorsque nous regardons ces objets de plus près, » je crois, continue-t-il, que le grand » anneau musculeux de l'uvée, se » resserre ; ce qui rend la cornée plus » convexe, et la premiere réfraction des rayons plus grande ; cet » effet compense la trop grande divergence, qui vient de la proxi-

(*a*) Voyez un Mémoire de M. Petit, dans le vol. de l'Académie des Sciences pour l'année 1730.

» mité de l'objet. Si nous regardons
» à une distance plus grande que de
» 15 ou 16 pouces, les ligaments ci-
» liaires, en se contractant, tirent
» les bords de la capsule, et font
» remonter vers eux l'eau qui se trouve
» entre cette enveloppe et le corps
» du crystallin, qui par-là devient
» moins épais du milieu : sa con-
» vexité, ainsi diminuée, compense
» le degré de divergence qui manque
» aux rayons qui viennent de trop
» loin. »

L'ingénieux auteur de cette explication ne s'est pas contenté de la voir en gros, il l'a soumise au calcul et aux mesures les plus exactes : il est vrai que dans quelques points elle n'en soutient pas toute la rigueur ; mais pourquoi ne lui associeroit-on pas l'opinion de ceux qui supposent une variation de figure dans le globe de l'œil, du moins pour les especes d'animaux qui ont cet organe entiérement flexible ? ces deux causes étantégalement probables, je ne vois pas pourquoi, l'on s'obstineroit à n'admettre que l'une des deux, lorsqu'elle ne satisfait pas à toutes les difficultés.

XVII. LEÇON.

S'il est vrai que, pour le commun des hommes, la distance de 15 à 16 pouces, soit celle où l'œil voit sans contrainte et distinctement les petits objets, il n'est pas moins certain qu'il y en a pour qui elle est beaucoup trop grande, et d'autres pour qui elle est trop petite. Les premiers s'appellent *myopes*, parce qu'ils distinguent très-bien tout ce qu'il y a de plus petit, en le regardant à la distance qui leur convient : on nomme les autres *presbytes*, parce que le défaut de leur vue est fort commun parmi les personnes âgées.

Les myopes ont les humeurs de l'œil trop convexes, pour la distance qu'il y a du crystallin à la rétine : les rayons qui viennent d'un objet placé à 15 ou 16 pouces, sont trop peu divergents pour la somme des réfractions qu'ils ont à souffrir ; ils se croisent avant que d'arriver au fond de l'œil. Ceux qui ont ce défaut ne manquent pas sans doute de faire tout ce que font les vues communes, à l'aspect d'un objet trop éloigné ; mais comme cela ne leur suffit pas pour voir d'une maniere distincte, à

15 ou 16 pouces, ils regardent de beaucoup plus près, et par ce moyen ils reçoivent dans leurs yeux, des rayons qui ont une grande divergence. Par quelque moyen que ce soit, quand cet excès de divergence se trouve dans un rapport convenable avec la trop grande convexité des humeurs réfringentes, les myopes ont la vision distincte, et ils voient avec plus de clarté que les autres, parce qu'ils reçoivent plus de lumiere de chaque point visible.

Dans l'œil d'un presbyte les humeurs sont moins réfringentes qu'elles ne le sont communément dans les autres yeux, soit par défaut de convexité, soit par quelque maladie où la vieillesse ait altéré leur pouvoir réfractif : elles ne peuvent pas plier assez les rayons de lumiere pour les rassembler sur la rétine, à moins que leur divergence ne soit moindre qu'elle ne l'est, quand ils viennent d'une distance de 15 ou 16 pouces. Voilà pourquoi ces sortes de vues aiment à regarder de fort loin, et que pour voir distinctement de plus près, il faut que l'œil fasse un effort, ou pour se rac-

XVII. LEÇON. courcir, ou pour rendre la cornée transparente plus convexe qu'elles ne l'est ordinairement.

Ces sortes de vues, trop courtes ou trop longues, ont encore une ressource pour voir distinctement, c'est de rétrécir beaucoup la prunelle; cela diminue la grosseur des pyramides, ou pinceaux de lumiere qui entrent dans l'œil : par ce moyen les rayons qui les composent, quoiqu'imparfaitement réunis, ne font point une large impression au fond de l'organe. C'est ce qu'on peut éprouver aisément, en mettant tout près de son œil une carte percée d'un trou d'épingle; on voit par-là directement tout objet qui seroit trop près pour être vu à l'œil nu, parce qu'alors il n'y a, pour ainsi dire, que les axes des pyramides qui contribuent à former l'image.

Lorsque ces défauts de la vue sont augmentés à un tel point, qu'on n'y peut pas remédier, soit en changeant la distance de l'organe, soit par les efforts de l'organe, ou que l'on veut se dispenser d'avoir recours à ces moyens, l'art en fournit d'autres

dont je ferai mention dans l'article suivant.

Après tout ce que je viens de dire touchant les limites de la vision, tant pour les vues ordinaires, que pour celles des presbytes et des myopes, il reste encore à savoir, pourquoi nous distinguons des objets éloignés, au point de les reconnoître à une lieue de distance, et bien davantage. Pour répondre à cette question, j'observerai qu'il y a deux sortes de visions, l'une qui est distincte, plus parfaite, et qui n'est nécessaire que dans certaines occasions; l'autre qui est imparfaite, moins distincte, et qui suffit ordinairement. Nous desirons la premiere pour les petits objets, et pour tout ce que nous regardons à une petite distance: nous nous contentons de la seconde, pour ce qui est grand et fort éloigné. Si je lis une lettre, si j'examine un bijou, j'ai besoin d'en distinguer toutes les parties: tous les points visibles étant contigus les uns aux autres, ne peuvent être vus distinctement, qu'autant qu'ils se font sentir séparément sur l'organe; et cela exige que les fais-

XVII. LEÇON.

ceaux de rayons qu'ils envoient à l'œil, fassent bien la pointe sur la rétine. Pour ce dernier effet, la distance plus ou moins grande de l'objet tire à conséquence : il n'en est pas de même, si je regarde un édifice qui est à une lieue de moi ; peu m'importe de compter les tuiles ou les ardoises de la couverture ; je suis content de distinguer le corps du bâtiment, les ailes, les pavillons, les portes, les fenêtres, les cheminées, etc. ; et tout cela se peut aisément, parce que ces parties, qui sont grandes et séparées les unes des autres, se peignent aussi séparément au fond de l'œil : ce qui suffit pour les rendre sensibles, sans confusion.

Jusqu'ici j'ai parlé de la rétine, comme de la partie de l'œil, sur laquelle se font les impressions de la lumiere qui servent à la vision, et en effet, c'est le sentiment le plus ancien et le plus commun : mais je ne dois point taire que de très-habiles opticiens attribuent cette fonction à la choroïde, et rapportent, en faveur de leur opinion, des faits et des raisonnements qui ont beaucoup de poids.

J'en supprime le détail, renvoyant le lecteur aux Œuvres de M. Mariotte (*a*), à qui l'on doit cette découverte, si c'en est une : et au Traité des Sens de M. le Cat (*b*), qui la croit très-réelle, et qui en prend la défense ; mais je ne puis me dispenser de rapporter une expérience très-curieuse qui a donné lieu à cette question, et qui a déterminé M. Mariotte à croire que la choroïde est véritablement l'organe immédiat de la vue.

Cet Académicien sachant que la partie médullaire du nerf optique où la rétine prend son origine, n'est point au milieu du fond de l'œil où se fait la peinture de l'objet qu'on regarde directement, mais un peu plus haut, et à côté, en tirant vers le nez, (au moins dans l'homme) voulut voir, si l'image qui tomberoit sur cet endroit

(*a*) Recueil des Œuvres de M. Mariotte, lettre à M. Piquet.

(*b*) Page 385, non seulement M. le Cat adopte le sentiment de M. Mariotte sur l'organe immédiat de la vue ; mais il l'appuie par plusieurs expériences de sa façon, et par des observations qui paroissent décider la question.

XVII. LEÇON.

seroit sensible. Pour cet effet, il attacha contre une muraille de couleur sombre, un petit cercle de papier blanc pour fixer sa vue; et puis à la distance d'environ deux pieds sur la droite, il en attacha un autre un peu plus large, et un peu plus bas que le premier; ensuite tenant l'œil gauche fermé, et fixant le droit sur le premier morceau de papier, il appercevoit en même temps le second qui étoit à côté; mais lorsqu'en reculant peu à peu, il fut éloigné à la distance de 9 pieds de la muraille, il perdit de vue celui-ci; et cet effet ne venoit pas de ce que ce papier étoit trop écarté de celui qui servoit de point de vue fixe: car les objets, qui étoient encore plus loin sur la droite, s'appercevoient très-bien. Cette expérience réitérée et retournée de toutes les manieres, eut toujours le même résultat; et cela prouve incontestablement, que les images qui tombent précisément sur la partie médullaire du nerf optique, ne sont point sensibles; d'où M. Mariotte conclut, que la rétine qui est une extension de cette partie médullaire, est insensible comme lui, et qu'elle ne sert qu'à modérer l'action de la lumiere qui

pénetre son tissu lâche et transparent, avant que de toucher la choroïde, où il prétend que s'accomplit la vision. XVII. LEÇON.

La clarté de la vision dépend de deux choses : premiérement, de la quantité de rayons qui se rassemblent au fond de l'œil, pour faire sentir chaque point visible de l'objet ; et en second lieu, de la place plus ou moins grande qu'occupe sur la rétine ou sur la choroïde, l'image d'un objet donné. Car plus cette image s'étend, plus les impressions se partagent à différentes parties de l'organe, et moins chacune d'elles en est ébranlée. Voilà pourquoi nous ouvrons la prunelle, autant que nous le pouvons, pour lire l'écriture, quand le jour baisse, ou que nous sommes dans un lieu sombre ; et en tel cas, nous regardons aussi de plus près que ne le demande la portée ordinaire de notre vue. Par ces deux moyens, la prunelle embrasse plus de lumiere, mais le dernier exige de la part de l'œil un effort, pour remédier à la trop grande divergence des rayons ; et cet effort, quand il dure, ne manque pas de fatiguer l'organe.

XVII. LEÇON.

Quant au degré de clarté qui dépend de l'étendue de l'image, il ne seroit d'aucune considération, si la lumiere qui vient de loin ne souffroit beaucoup de déchet, en passant au travers de l'air, ou des autres corps diaphanes; car si les faisceaux de lumiere qui viennent d'un objet éloigné contiennent moins de rayons, à cause de leur divergence qui les raréfie de plus en plus, d'un autre côté, l'image qu'ils forment au fond de l'œil diminue de grandeur à proportion; les impressions se condensent, pour ainsi dire, à mesure que la lumiere qui les produit se raréfie.

Lorsqu'étant dans une chambre, nous regardons les passants à travers les vitres, nous les voyons bien mieux qu'ils ne nous voient: ce qui cause cette différence, c'est que la lumiere qui vient d'eux à nous, est plus vive que celle avec laquelle ils nous apperçoivent; de plus, leurs yeux affectés du grand jour où ils sont, ne peuvent sentir cette lumiere foible autant que les nôtres, qui sont plus reposés, en peuvent sentir une plus forte: les effets sont tout dif-

férents, lorsqu'il fait nuit au dehors, et que nous sommes dans un lieu bien illuminé. XVII. LEÇON.

Quand un objet se meut très-rapidement devant nos yeux, nous lui attribuons souvent une grandeur et une figure qu'il n'a point. Un polyedre qui tourne sur son axe nous semble être une sphere, de même qu'un cercle qu'on fait tourner sur un de ses diametres : les petits moulins à vent dont les enfants s'amusent, ont la forme d'un plan circulaire ; les cordes qui sont en vibration, se voient sous la figure d'un losange fort alongé : le charbon ardent qu'on fait tourner, représente un cercle lumineux : la fusée qui s'éleve, paroît être une traînée de feu, etc. Tous ces effets dépendent d'une même cause que voici : L'objet qui se ment, se peint successivement sur différents endroits au fond de l'œil : lorsque cette image passe rapidement de l'un à l'autre, l'impression qu'elle a faite sur le premier, subsiste encore quand elle commence à se faire sentir sur le second, sur le troisieme, etc. Il arrive de-là, que les apparences succes-

XVII. LEÇON.

sives de l'objet, en différents lieux, nous paroissent comme liées ensemble : ainsi, celui qui se verroit comme un point, s'il étoit en repos, se voit comme une ligne, quand il passe d'un lieu dans un autre avec une certaine vîtesse ; celui qui n'a de visible que sa longueur, représente un plan ; et le demi-cercle qui fait des révolutions autour de son diametre, présente à l'œil une sphere solide : ainsi, l'on a tout lieu de croire, que ces traînées de lumiere qu'on voit pendant la nuit dans l'atmosphere, et que le vulgaire appelle *étoiles qui changent*, ou *qui tombent*, ne sont autre chose que des globes de vapeurs enflammées, qui passent rapidement d'un lieu dans un autre, ou l'inflammation successive, mais rapide, de pareille matiere, étendue suivant une certaine direction.

En rapprochant les paupieres l'une de l'autre, comme pour fermer l'œil, (ce qui s'appelle communément *cligner*), si vous regardez directement une chandelle allumée, pendant la nuit, vous appercevrez aux parties supérieures et inférieures de la flamme,

de longs rayons de lumiere, semblables à ceux par lesquels on représente la gloire autour des images des saints; et si vous abaissez doucement quelque obstacle, comme le doigt ou la main devant l'œil, vous intercepterez les rayons d'en bas : ceux d'en haut disparoîtront de même, si vous faites monter l'obstacle de bas en haut.

Ce fait a mérité l'attention des physiciens. M. de la Hire croit que cela vient de ce que les rayons de lumiere qui viennent de la flamme, se réfractent de haut en bas, et de bas en haut, en traversant une eau glaireuse qui s'amasse au bord des paupieres, à l'endroit où elles touchent la cornée transparente. M. Briggs, célebre médecin Anglais, dans son Ophthalmographie, a pensé à peu près de même. Mais M. Shmith, considérant que les rayons dont il s'agit ne se présentent point sous diverses couleurs, comme il doit arriver à une lumiere réfractée, ne goûte point cette explication : il pense que le fait dont il s'agit, doit être plutôt attribué aux inflexions que souffrent les rayons, en passant près des bords

XVII. LEÇON. de la paupiere, tant d'en haut que d'en bas.

Nous avons deux yeux, et dans l'usage ordinaire que nous en faisons, nous ne voyons pas l'objet double, quoiqu'il soit bien vrai que son image se peint en même temps dans l'un et dans l'autre. Est ce, comme l'ont dit plusieurs auteurs célebres, que nous n'en faisons agir qu'un à-la-fois, et que de ces deux organes, il y en a toujours un qui se repose ? ou bien l'ame ne fait-elle attention qu'à l'une des deux images ? Je crois bien qu'on peut me citer des cas où cela arrive ; mais comme il s'agit ici de ce qui se passe ordinairement dans la vision des objets, ce n'est point sur quelques exemples particuliers que je dois me régler. Or, à juger de la vue des autres par la mienne, et par celle d'un grand nombre de personnes que j'ai consultées, il est certain qu'on voit des deux yeux le même objet, et que les deux images influent sur la vision, et contribuent à la sensation ; car on voit mieux, et plus fortement des deux yeux, qu'avec un seul : on se fatigue moins la vue, et l'on juge plus

promptement, plus sûrement, de ce que l'on regarde. Quand bien même il y auroit des hommes, qui, dans les cas ordinaires, n'emploieroient qu'un œil, ne faudroit-il pas toujours expliquer pourquoi ces sortes de borgnes ne voient pas double dans les occasions où ils en emploient deux? Voici comment le plus grand nombre des opticiens répondent à cette question.

La membrane qui tapisse le fond de l'œil, et sur laquelle se peint l'objet, (que ce soit la rétine ou la choroïde, peu nous importe ici), cette membrane, dis-je, est un tissu de fibres qui appartiennent au nerf optique; et nous avons lieu de croire, au moins peut-on le supposer avec beaucoup de vraisemblance, que dans les deux yeux d'un même individu, ces membranes, pour l'ordinaire, se ressemblent par le nombre, l'arrangement, et peut-être, par le degré de ressort des filets nerveux qui les composent. Cela étant ainsi, dès que les deux yeux se dirigent vers un même objet, les images tombent dans l'un et dans l'autre, sur des parties semblables et correspondantes du tissu

XVII. LEÇON. dont je viens de parler, et les deux sensations qui en résultent, étant, pour ainsi dire, à l'union l'une de l'autre, ne font naître dans l'ame qu'une seule et même idée, plus forte et mieux décidée, que par une seule image, mais toujours identique, à peu près comme le son qui frappe les deux oreilles, ou l'odeur qu'on reçoit dans les deux narines.

Il suit de-là, qu'on doit voir l'objet double, quand les deux images tombent au fond des yeux, sur des parties qui ne sont pas analogues ou correspondantes; et c'est en effet, ce qui arrive, quand ces parties semblables ne se trouvent pas tournées du côté du même objet, comme on peut l'éprouver soi-même, en pressant un peu de côté l'un des deux yeux pour le détourner.

La direction des deux *axes optiques* (*a*) vers un même objet, nous est utile, non seulement parce qu'elle nous empêche de le voir double,

(*a*) On appelle *axe optique* la ligne qui, venant du milieu du fond de l'œil, passe par les centres du crystallin et de la cornée transparente, et se prolonge jusqu'à l'objet.

mais elle nous sert encore à bien juger de sa distance, quand il n'est pas fort éloigné. Sans ce secours nous nous y trompons fort aisément, et ce n'est que par une grande habitude qu'on apprend à s'en passer. Un homme qui ferme un œil, ou qui est nouvellement borgne, ne porte point à coup sûr le bout du doigt sur une petite piece de monnoie placée à quelques pieds de lui, comme le fait un autre homme qui laisse agir ses deux yeux; parce que celui-ci est guidé par le croisement des axes optiques. Si le chasseur avoit besoin de juger de la distance, autant que de la direction de la perdrix qu'il a en vue, il auroit tort de fermer un œil pour tirer plus juste.

Un homme passe pour avoir la *vue droite*, quand il dirige naturellement, et sans efforts, les axes de ses deux yeux vers l'objet qu'il regarde; et l'on dit qu'il est *strabite*, ou qu'il a la *vue louche*, quand l'un de ses yeux se tourne directement à son objet, et que l'autre s'en écarte pour se diriger ailleurs.

M. de la Hire, qui s'est appliqué

XVII. LEÇON.

particuliérement à examiner les défauts et les accidents de la vue, dit, pour rendre raison du *strabisme*, que l'image de l'objet ne peint bien distinctement que sur une certaine portion de la rétine, qu'il suppose être la plus sensible, et au milieu de laquelle répond l'extrémité de l'axe optique, dans un œil bien conformé ; mais que dans les yeux louches, cette partie est plus d'un côté que de l'autre ; de sorte que pour y faire tomber les images, il faut que l'axe optique se dirige différemment que celui d'un œil qui a le regard droit.

M. Jurin allegue contre cette explication une expérience facile à faire, et qui paroît sans replique, c'est que l'œil louche, qui se détourne de l'objet quand l'autre agit, ne manque pas de se retourner directement vers lui, quand on ferme le bon œil. S'il s'étoit d'abord tourné de travers, pour présenter la partie sensible de la rétine qu'on suppose être mal placée, comment peut-il voir l'objet quand il se redresse, ou plutôt pourquoi se redresse-t-il pour le voir ?

M. de Buffon, qui a traité cette

matiere (*a*) depuis M. Jurin, pense comme lui, que les strabites ne regardent jamais que d'un œil, et il en tire la raison d'un fait qui est assez connu ; c'est que dans la plupart des hommes, les deux yeux n'ont pas la vision distincte dans les mêmes limites : l'œil droit, par exemple, verra fort bien les plus petits objets, depuis 8 pouces de distance jusqu'à 20, et pour l'œil gauche, ce sera peut-être depuis 12 jusqu'à 24. Or, dit M. de Buffon, quand cette inégalité est grande à un certain point, les deux yeux ne peuvent pas voir ensemble le même objet distinctement ; l'image confuse dans l'un des deux, empêche que l'impression qui se fait plus correctement dans l'autre, ne soit aussi bien sentie qu'elle le seroit, si elle étoit la seule ; et comme on cherche naturellement à voir aussi bien qu'il est possible, la personne qui a ce défaut, contracte l'habitude de détourner l'œil hors de la portée duquel l'objet se trouve, pour ne laisser agir que celui qui peut le distinguer nettement.

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sc., 1743.

XVII. LEÇON.

Cette explication est tout-à-fait ingénieuse ; elle n'est cependant pas au-dessus de toute difficulté. M. de Buffon en a prévu plusieurs qu'on pouvoit lui faire, et auxquelles il répond par des expériences et par des raisonnements plausibles : il ajoute de plus, que le strabisme pourroit bien avoir d'autres causes, que celle qu'il a indiquées ; mais il croit que celle-là est la principale et la plus commune.

Pour moi, après avoir long-temps réfléchi sur le strabisme, après avoir observé et questionné un grand nombre de personnes de tout sexe et de tout âge, qui avoient ce défaut, je suis porté à croire qu'il y a deux sortes de louches : que les uns le sont nécessairement et toujours par une mauvaise conformation de l'organe, et les autres seulement par habitude ou par distraction : que les premiers voient des deux yeux le même objet et le voient simple ; que les derniers, ou ne voient que d'un œil à-la-fois, ou voient double ce qu'ils regardent ; que ceux-ci par attention sur eux-mêmes, peuvent se corriger avec le temps ; mais qu'il est presqu'impossible

que la vue des autres se redresse, surtout s'ils sont nés avec ce défaut, ou qu'ils l'aient contracté depuis long-temps. XVII. LEÇON.

L'œil est sujet à plusieurs maladies: une des plus fâcheuses, c'est lorsque le crystallin devient opaque, en tout, ou en partie; c'est ce que l'on appelle *cataracte*. Quand cette opacité est bien décidée, le seul remede qu'on y puisse apporter, est de retrancher cette partie de l'œil, et d'y suppléer par l'usage d'une lunette appropriée à ce défaut. Il y a deux manieres d'ôter le crystallin: la plus ancienne, et celle qu'on pratique encore le plus souvent, c'est de faire un petit trou dans la cornée opaque, pour y introduire une espece d'aiguille, avec laquelle on détache le crystallin des ligaments ciliaires, pour le faire tomber dans la partie inférieure du globe de l'œil et au-dessous de la prunelle. La seconde façon et qui est plus nouvelle, et que j'ai vue pratiquer avec beaucoup d'adresse et de succès à M. Daviel; qui s'est rendu célebre par cette opération, c'est de couper avec des ciseaux la cornée transpa-

XVII. LEÇON.

rente, dans les deux tiers de sa circonférence, et d'emporter hors de l'œil le crystallin tout entier : les bords de la cornée se rejoignent ensuite à la sclérotique, et l'humeur aqueuse se répare : c'est l'affaire de 8 ou 10 jours. De quelque maniere qu'on supprime le crystallin devenu opaque, la vue revient à celui qui l'avoit perdue par cet accident : le globe de l'œil étant totalement rempli par les deux humeurs aqueuse et vitrée, les rayons de lumiere qui ne trouvent plus d'obstacle, se rassemblent sur la rétine, mais imparfaitement, parce qu'il leur manque le degré de réfraction qu'ils reçoivent ordinairement dans le crystallin ; on y supplée par l'usage d'un verre convexe qu'on tient devant l'œil, comme je le dirai plus particuliérement, en parlant des lunettes propres aux presbytes.

Un autre accident de la vue, c'est lorsque la bile vient à se mêler abondamment avec l'humeur aqueuse : alors tous les objets paroissent jaunes, parce que la lumiere qu'ils envoient vers les yeux qui ont cette maladie, se décompose, comme si elle

elle passoit par un verre jaune, et qu'il n'y a presque plus que les rayons de cette couleur qui tracent les images au fond de l'organe. Il s'est trouvé des gens, qui, à la suite d'une maldie, ou de quelque grand accident, voyoient rouge, verd ou bleu, tout ce qui s'offroit à leur vue : il y a lieu de croire que les humeurs de leurs yeux avoient reçu quelque teinte de ces couleurs.

XVII. LEÇON.

Pendant la nuit, si l'on se frotte les yeux d'une certaine maniere, ou si l'on y reçoit un coup un peu rude, il arrive souvent qu'on croit voir des traits de lumiere ou de grosses étincelles : d'où peuvent venir ces apparences dans l'obscurité, et même lorsque nous avons les yeux bien fermés ? Nous ne pouvons les attribuer qu'à l'ébranlement de l'organe, soit que cela se fasse immédiatement par le choc du corps étranger qui frotte ou heurte extérieurement, soit que la commotion exterieure, en se communiquant, anime la matiere de la lumiere qui réside dans les moindres parties de l'organe, comme par-tout ailleurs; et que par ce moyen, les fibres nerveuses soient mises en jeu, comme elles le seroient,

par l'action d'une lumiere qui viendroit du dehors.

XVII. LEÇON.

Nos sensations naissent des impressions qui se font sur certaines parties de nos corps. Si telle ou telle impression peut se faire par différents moyens, la même sensation peut avoir lieu par plusieurs causes ; nous en avons des exemples dans les autres sens. Ce tintement que nous sentons quelquefois dans l'oreille, ne ressemble-t-il pas à certains sons qui nous viennent ordinairement du dehors? et pourquoi comparons-nous les douleurs aiguës causées par une colique, à celles que fait sentir une pointe ou un tranchant, sinon parce que les unes et les autres nous paroissent tout-à-fait semblables? Les bluettes que nous voyons dans l'obscurité, nous donnent donc tout lieu de croire que le fond de l'œil est alors affecté, comme il le seroit par une lumiere qui viendroit du dehors.

Après avoir parlé des effets de la lumiere en général, par rapport à la vision, il me reste un mot à dire, touchant la maniere dont nous appercevons la couleur de chaque objet.

Les couleurs considérées dans le sens de la vue, ne sont autre chose que les idées particulieres qui naissent ou qui se réveillent en nous, à l'occasion des impressions qui se font sur l'organe, par les différentes especes de lumiere que j'ai fait connoître dans le premier article de la 3e section, soit qu'elles agissent séparément les unes des autres, soit qu'elles se combinent plusieurs ensemble.

On peut légitimement supposer, que chacune de ces lumieres differe des autres, par la grandeur, la figure, le ressort de ses parties, ou par l'espece de mouvement qui les anime: comme nous éprouvons par l'usage de nos autres sens, (tels que le goût, l'odorat, etc.) que ces qualités servent, non seulement à nous faire sentir les objets qui en sont doués, mais encore à nous les faire distinguer les uns des autres; nous devons croire, que les rayons qui nous viennent d'une surface enduite de vermillon, par exemple, touchent le fond de l'œil d'une certaine façon qui se répete toujours dans les mêmes circonstances; et nous exprimons ce que cette sur-

face nous fait sentir, en disant qu'elle est *rouge :* expression arbitraire dans son principe, mais fixée par l'usage et par convention. Il en est de même de toutes les autres couleurs simples ; je dis que la teinture de safran est *jaune*, que l'herbe est *verte*, que le ciel est *bleu*, etc., parce que la lumiere homogene, par laquelle j'apperçois chacun de ces objets, excite toujours en moi le même sentiment, et que dès ma plus tendre enfance, j'ai appris des autres hommes à l'exprimer par un de ces termes.

XVII. LEÇON.

Mais si chaque espece de lumiere a la propriété de faire naître une sensation particuliere, on doit s'attendre que plusieurs agissant ensemble sur le même organe, y produiront une sensation mixte, pour laquelle il faudra une nouvelle expression, comme il arrive aux saveurs et aux odeurs, qui varient à l'infini, par la combinaison des objets qui appartiennent à chacun de ces deux sens. De-là sont venus ces noms *gris*, *brun*, *céladon*, *tanné*, etc., pour exprimer ce que l'on sent quand un objet se fait voir par un mélange de lumieres de différentes especes.

Ces idées des couleurs qui s'excitent en nous par des lumieres simples ou composées qui nous viennent des objets extérieurs, se réveillent ou subsistent également et indépendamment de ces causes; pourvu que l'organe reçoive ou conserve par quelque moyen que ce puisse être, une impression semblable à celles qui les fait naître ordinairement : voilà pourquoi, lorsqu'on a fixé la vue pendant un certain temps sur quelque couleur bien éclatante, il est assez ordinaire de continuer de la voir, quoiqu'on ferme les yeux.

Supposons maintenant qu'on ait regardé un objet dont la couleur soit composée, et que les différentes especes de lumieres qui entrent dans cette composition, produisent sur le fond de l'œil des impressions plus durables les unes que les autres, non seulement on doit continuer de voir l'objet après qu'on a fermé les yeux; mais l'image qui en reste doit paraître successivement sous différentes couleurs. C'est à peu près ce qu'on éprouve quand on ferme les yeux, ou qu'on entre dans un lieu fort obscur, aussitôt après avoir regardé en face le soleil

XVII. LEÇON.

couchant : on voit successivement sur le disque du soleil, qui demeure empreint dans l'imagination, du blanc, du jaune, du rouge, du verd, du bleu, ou du violet, et enfin du noir; à peu près dans l'ordre des couleurs prismatiques, quelquefois aussi sans ordre, et à diverses reprises, selon que les ébranlements du nerf optique s'affoiblissent plus ou moins promptement.

Ces couleurs, et toutes celles qui naissent, qui se conservent, ou qui varient ainsi, sans la présence des corps colorés, se nomment *accidentelles*. Parmi les auteurs qui en ont fait mention, personne que je sache ne les a mieux étudiées que M. de Buffon (*a*). Il a remarqué dans ces couleurs une certaine correspondance systématique avec celles qu'on nomme *réelles*, et dont les idées sont réveillées en nous par les objets extérieurs. Il observe, par exemple, que le rouge produit le verd, qu'au jaune succede le bleu, que les couleurs accidentelles

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sc., 1743, p. 147 *et suiv.*

mêlées avec les réelles, donnent les mêmes phénomenes que ces dernieres, mêlées avec d'autres de même nature: ces remarques sont fondées sur des expériences et sur des observations curieuses, dont je suis obligé de supprimer ici le détail, mais qui feront certainement plaisir au lecteur qui aura du goût pour ces sortes de recherches, et qui prendra la peine de lire le mémoire que j'ai cité ci-dessus.

On y trouve, par exemple, l'exposition d'un fait qui paroît d'abord assez singulier : « C'est que les ombres des » corps, qui par leur essence doivent » être noires, puisqu'elles ne sont que » la privation de la lumiere; que les » ombres, dis-je, sont toujours co- » lorées au lever et au coucher du » soleil. Je ne sache pas, ajoute M. de » Buffon, qu'aucun astronome, qu'au- » cun physicien, que personne, en un » mot, ait parlé de ce phénomene : » j'ai cru qu'en faveur de la nouveauté, » on me permettroit de donner le précis » de cette observation. »

Il y a ainsi dans les sciences, et sur-tout en physique, certaines dé-

XVII. LEÇON.

couvertes qui s'oublient, qui se perdent même, et qu'on retrouve quelquefois après plusieurs siecles; en est-on moins redevable à ceux qui nous les rendent? Le fait dont il s'agit étoit connu il y a 250 ans : on le trouve très-bien exprimé dans l'ouvrage d'un savant et habile peintre italien (*a*), qui mourut à Fontainebleau, entre les bras d'un de nos rois (*b*). On lit au titre de son 328e chapitre : *Pourquoi sur la fin du jour les ombres des corps produites sur un mur blanc, sont de couleur bleue*; et il explique ce phénomene par des raisons qui paroissent très-plausibles. Je vais rapporter ses propres paroles.

« Les ombres des corps, dit-il, » qui viennent de la rougeur du so- » leil qui se couche et qui est proche

(*a*) Léonard de Vinci. L'ouvrage dont il s'agit est intitulé : *Traité de la Peinture*. Il a été imprimé pour la premiere fois à Paris, en 1651, en italien et en français; on en a fait une édition française, in-12, en 1716. Cet ouvrage est très-instructif, non seulement pour les peintres, mais même pour les physiciens.

(*b*) François premier.

» de l'horizon, seront toujours azu-
» rées : cela arrive ainsi, parce que
» la superficie de tout corps opa-
» que tient de la couleur du corps
» qui l'éclaire ; dont la blancheur de
» la muraille étant tout à fait privée
» de couleur, elle prend la teinte de
» son objet, c'est-à-dire, du so-
» leil et du ciel ; et parce que le soleil
» vers le soir est d'un coloris rou-
» geâtre, que le ciel paroît d'azur,
» et que les lieux où se trouve l'ombre
» ne sont point vus du soleil, (puis-
» qu'aucun corps lumineux n'a jamais
» vu l'ombre du corps qu'il éclaire)
» comme les endroits de cette muraille,
» où le soleil ne donne point, sont
» vus du ciel, l'ombre dérivée du ciel,
» qui fera sa projection sur la muraille
» blanche, sera de couleur d'azur ; et
» le champ de cet ombre étant éclairé
» du soleil, dont la couleur est rou-
» geâtre, participera à cette couleur
» rouge. »

C'est-à-dire, que la muraille blanche se teint sensiblement de la lumiere azurée du ciel, et que cette couleur ne paroît qu'à l'endroit de l'ombre ; parce qu'ailleurs elle est illuminée par

XVII. LEÇON.

une lumiere plus forte, qui empêche le bleu de paroître : il suffit pour cela que l'ombre soit foible, et c'est une condition sur laquelle on peut compter, quand le soleil n'est pas fort élevé sur l'horizon.

On a dû comprendre par tout ce que j'ai dit ci-dessus touchant la vision, comment la lumiere en général, passant par les humeurs de l'œil, se modifie d'une maniere à tracer correctement sur le fond de cet organe, les images des objets qui nous l'envoient. J'ai fait entendre aussi, comment les images nous représentent les couleurs naturelles de ces mêmes objets, étant tracées, non par une lumiere quelconque, mais par des rayons homogenes, seuls ou combinés ensemble. N'est-on pas en droit maintenant de me demander par quel moyen nous voyons ce qui est noir; puisque, selon ce que nous avons dit dans la 3e section, il ne vient aucune sorte de lumiere des corps de cette couleur.

Cette question mérite certainement une réponse; mais ce qui m'en déplaît un peu, c'est que celle que je dois produire paroîtra peut-être un paradoxe à

ceux de mes lecteurs qui ne prendront pas la peine d'y réfléchir.

Quand nous regardons un corps noir, ce n'est pas lui que nous voyons; ce sont les surfaces éclairées ou lumineuses qui l'environnent et qui lui servent comme de champ : la lumiere qu'elles envoient, fait impression sur tout le fond de l'œil, excepté l'endroit auquel répond l'objet que nous avons en vue. Cet endroit de l'organe, qui ne reçoit point de lumiere, est circonscrit ou terminé selon la figure du corps noir qui est cause de cette privation; et c'est par-là que nous jugeons de la grandeur, de la forme, de la situation, de la nature de celui-ci. Oui, quand nous lisons un livre, ce ne sont point les lettres imprimées avec de l'encre qui font impression sur nos yeux, c'est le blanc du papier qui est entr'elles; puisque c'est de-là seulement qu'il vient de la lumiere : nous ne les distinguons que par les défauts de sensation qu'elles occasionnent.

Mais si cela étoit, me dira-t-on, tous les corps noirs nous paroîtroient comme de simples taches, comme des ombres : chacun sait, par sa

XVII. LEÇON.

propre expérience, qu'un homme vêtu de noir, un animal de cette couleur ne se voient point ainsi ; l'on en distingue toutes les parties, avec leurs reliefs.

C'est que ces objets ne sont pas entiérement noirs, comme on le suppose : les parties les plus saillantes et les plus exposées au jour se détachent des autres par des nuances plus ou moins claires, et par des reflets de lumiere qui en font sentir les contours, les arrondissements, etc. Cela est si vrai, qu'un peintre qui entreprend de les représenter dans un tableau, n'en peut venir à bout qu'en employant du blanc ou d'autres couleurs capables de réfléchir de la lumiere ; et si ces corps ne sont point éclairés du côté par lequel nous les regardons, nous les voyons alors comme de véritables ombres.

ARTICLE II.

De la vision aidée par les instruments d'Optique.

La vision naturelle, lorsque l'organe est dans sa plus grande force, dans son état le plus parfait, est assujettie à des conditions et renfermées dans des limites ; si l'objet n'est point découvert au point, que de lui à nous on puisse tirer une ligne droite sans aucun obstacle, nous ne l'appercevons pas : fût-il même convenablement exposé à nos regards, s'il est trop loin ou trop petit, il nous échappe ; et c'est encore pis, si l'œil est affoibli ou mal conformé ; la petitesse et la distance du corps visible le gênent davantage.

Ces inconvénients ont subsisté longtemps sans remede ; mais enfin, le hasard d'un côté, l'industrie de l'autre, éclairée et soutenue par l'étude, nous en ont affranchis en quelque façon : par le secours des miroirs et des verres taillés d'une certaine maniere, nous pouvons appercevoir ce qui est caché à nos regards directs, nous découvrons

XVII. LEÇON.

dans le sein de la nature des êtres qui sembloient devoir être à jamais imperceptibles pour nous : les objets trop éloignés se rapprochent, pour ainsi dire, et se laissent voir distinctement : la vue des vieillards à moitié éteinte, se ranime : celle qui est trop courte devient plus étendue : enfin, quand nos besoins sont satisfaits, les mêmes moyens fournissent encore des amusements très-dignes de notre curiosité.

C'est le détail de ces avantages qui va faire la matiere de cet article : mais je ne veux y entrer, que comme je l'ai fait pour toutes les préparations qui ont servi à nos expériences; c'est-à-dire, que je me bornerai à faire connoître en gros comment tel ou tel effet se produit, renvoyant la description plus exacte et plus circonstanciée des moyens à l'ouvrage dont j'ai fait mention plusieurs fois, et dans lequel je me propose de traiter *ex professo* de la construction et de l'usage de tous les instruments de Physique. Comme je ne parle ici de ceux qui concernent l'optique que parce qu'ils aident ou qu'ils perfectionnent la vision, je ne les distribuerai point par classes, je les appellerai plu-

tôt suivant l'ordre de leur invention, et par conséquent, je ferai connoître d'abord les plus simples.

Lunettes dont on se sert pour lire.

Le défaut de la vue le plus ordinaire, et qui est presqu'inévitable à un certain âge, c'est de ne pouvoir plus distinguer nettement les petits objets à la distance de 8 ou 10 pouces, comme on le fait ordinairement dans la jeunesse; on est obligé de regarder de plus loin: et quand cet éloignement devenu indispensable s'accroît à un certain point, non seulement il est incommode, mais il ne remédie presque plus à rien; parce que les petits objets, à une grande distance de l'œil, soutendent des angles trop petits, ou ce qui est la même chose, leur image occupe trop peu de place au fond de l'organe, pour y faire une impression suffisante.

Les hommes qui nous ont précédés de quatre à cinq siecles ou davantage, perdoient ainsi l'usage de la vue, longtemps avant que de mourir; pendant nombre d'années, ils étoient réduits à ne plus voir que les grands objets et à

XVII. LEÇON.

ne les voir qu'imparfaitement ; mais enfin vers l'an 1300, on fit une heureuse application de la propriété qu'ont les verres convexes, d'amplifier l'image des objets ; propriété connue 200 ans auparavant (*a*), dont on n'avoit tiré jusqu'alors aucune utilité. On croit avec beaucoup de vraisemblance que Bacon, cordelier d'Oxford, eut plus de part que personne à cette importante invention (*b*) : quoi qu'il en soit,

(*a*) Albazen, qui vivoit vers l'an 1100, dit très-expressément dans son Opt., liv. 7, chap. 48, que si un objet est appliqué à la base d'un grand segment d'une sphere de verre, il paroîtra plus grand.

(*b*) *Voici les paroles de cette auteur :* Si homo aspiciat litteras et alias res minutas, per medium crystalli, vel vitri, vel alterius perspicui suppositi litteris, et sit portio minor spheræ, cujus convexitas sit versus oculum, et oculus sit in aëre, longe meliùs videbit litteras, et apparebunt ei majores..... et ideò hoc instrumentum est utile senibus et habentibus oculos debiles. *Or le Frere Bacon mourut en* 1692. Cependant M. Smith prouve assez bien, par la suite même du passage dont je viens de rapporter des fragments, que cet auteur n'a pas inventé lui-même les lunettes ; mais on ne peut pas nier qu'il n'ait bien mis sur la voie ceux qui avoient lu son ouvrage.

on a des preuves certaines qu'on se servoit communément de lunettes au commencement du quatorzieme siecle, et que c'étoit une invention nouvelle (*a*).

Je crois avoir suffisamment fait connoître dans l'article précédent ce qui manque à la vue des presbytes ou des vieillards pour la vision distincte, et de quelle maniere ils y suppléent, quand ce défaut n'est pas trop grand; il me reste à expliquer ici comment l'usage des lunettes vient au secours de la nature, lorsque ses ressources sont épuisées : c'est ce que je vais faire en deux mots.

Ces sortes de vues sont défectueuses,

(*a*) On cite un manuscrit de 1299, qui est de la bibliotheque de M. Redi, dans lequel on lit ce qui suit : *Mi trovo cosi gravoso di anni, che nod arei volenza di legere e scrivere senza vetri appellati okiali, trovati novellamente, per commodita delli poveri veki, quando affiebolano del vedere.*

(*b*) Bernard Gordon, médecin de Montpellier, qui écrivoit vers l'an 1305 son *Lilium Medicinæ*, dit, en recommandant un certain collyre qu'il croyoit très-bon : *Et est tantæ virtutis, quod decrepitum faceret legere litteras minutas, absque ocularibus.*

XVII. LEÇON.

parce que les humeurs de l'œil ont trop peu de convexité, ou qu'en changeant de nature par succession de temps, elles ont perdu une partie de leur pouvoir réfractif : les rayons qui viennent d'un objet placé à 8 ou 10 pouces de distance, sont trop divergents pour s'y plier autant qu'il le faudroit ; ils touchent le fond de l'organe avant que d'être rassemblés ; de-là naît une vision confuse, selon ce que nous avons enseigné précédemment. On remédie à ce mauvais effet, en mettant entre l'œil et l'objet, un verre d'une certaine convexité, dont la propriété est, comme l'on sait *, de rendre tels rayons, ou moins divergents, ou paralleles, ou même convergents. Ainsi, en proportionnant la convexité du verre au défaut de l'œil, on dispose de telle maniere les rayons incidents, que l'organe, tout foible qu'il est, se trouve en état de les réunir justement sur la rétine, et l'image devient nette.

* Page 302, 4e. résultat.

Les lunettes que les vieillards mettent sur le nez, sont donc composées de deux verres un peu convexes des deux côtés ou d'un seul : elles

font voir plus distinctement par les raisons que je viens de déduire, et plus clairement, parce qu'en diminuant la divergence des rayons incidents, elles en font entrer une plus grande quantité dans la prunelle : on les nomme *binocles*, parce qu'elles servent en même-temps aux deux yeux, en quoi elles sont plus avantageuses que celles qui n'ont qu'un seul verre, et qu'on appelle *lorgnettes* ou *monocles* : car l'action simultanée des deux yeux rend la vision plus forte et plus commode.

Comme le bon effet des lunettes, pour ceux qui en ont besoin, vient de ce qu'elles changent à leur avantage la disposition des rayons incidents, elles ne peuvent que nuire aux vues à qui la divergence naturelle de ces rayons est convenable ; voilà pourquoi les jeunes gens qui voient bien sans lunettes, ne distinguent plus rien, quand ils essayent de s'en servir. Les personnes même à qui elles sont utiles, pour les objets qu'elles regardent de près, les trouvent d'un mauvais usage pour voir au loin ; parce que les rayons incidents étant alors

XVII. LEÇON. comme paralleles, à cause du grand éloignement de l'objet, deviennent convergents, en passant par les lunettes, ce qui donne lieu à l'œil de les réunir trop tôt, et avant qu'ils soient arrivés à la rétine.

L'usage des lunettes annonce ordinairement que nous commençons à vieillir : l'amour-propre nous dissimule, autant qu'il peut, le besoin que nous avons de ces instruments ; c'est pourquoi l'on ménage notre délicatesse, en nous les donnant d'abord sous le nom de *conserves* : tranchons le mot, ces conserves sont des lunettes, comme celles des vieillards, à cela près qu'elles sont moins convexes : si elles ne le sont pas du tout, comme on s'efforce de vous le faire croire, il est inutile de vous en masquer le visage ; elles ne sont bonnes à rien, si ce n'est dans le cas où l'on auroit le fond de l'œil si sensible, qu'on fût obligé de modérer la lumiere qui vient des objets qu'on regarde ; alors on pourroit se servir de lunettes composées de verres plans et d'une couleur un peu verte.

Etant donnée la distance à laquelle

on est obligé de reculer les objets pour les voir distinctement, on peut déterminer le degré de convexité que doivent avoir les verres de lunettes, pour rendre la vision distincte à 8 ou 10 pouces, comme elle l'est pour les vues ordinaires ; il ne faut pour cela qu'assujettir les rayons incidents aux loix de la réfraction, que nous avons établies dans la Dioptrique, ayant égard aux différents degrés de réfringence des humeurs de l'œil humain et à leurs figures ; mais il est encore plus simple et plus commode, quand on le peut, d'entrer dans les boutiques des marchands qui ont de ces instruments à choisir, et de s'accommoder de celui avec lequel on voit le mieux.

Un autre défaut de la vue tout-à-fait opposé à celui dont je viens de parler, c'est de ne pouvoir distinguer les objets que de fort près : j'en ai dit la cause en parlant des myopes dans l'article précédent ; je prie le lecteur de vouloir bien se la rappeller. Quand ces sortes de vues sont si courtes, qu'il ne suffit pas d'approcher les petits objets à 5 ou 6 pouces des yeux,

XVII. LEÇON.

c'est une incommodité des plus grandes ; on est demi aveugle, parce qu'on ne distingue presque plus rien de ce qui se passe à 5 ou 6 pas ; et pour examiner ce qu'on tient à la main, on ne peut employer qu'un œil à-la-fois, parce que les axes optiques ne peuvent plus se réunir sur un même point, quand l'angle qu'ils forment entr'eux doit être plus grand que de soixante degrés : ajoutez à cela, que quand on regarde de si près, il est très-difficile que l'objet soit éclairé suffisamment.

C'est donc procurer un très-grand service à ceux qui ont la vue trop courte, que de leur procurer le moyen de bien voir de plus loin ; et c'est ce que l'on fait, en mettant devant leurs yeux un verre concave, dont la propriété est de rendre divergents les rayons qui ne le sont pas, et d'augmenter la divergence de ceux qui n'en ont point assez *. Car le défaut de cette sorte de vue, venant, comme je l'ai dit, de ce que les rayons trop fortement réfractés dans les humeurs de l'œil, se rassemblent avant que d'arriver à la rétine, on porte infailliblement cette réunion plus loin,

* *Page 526, 3e. résultat.*

en augmentant la divergence des rayons incidents ; il ne s'agit que de proportionner la concavité du verre, à l'excès de convexité qui fait le vice de l'organe. C'est ce que l'on peut déterminer encore par les regles de la Dioptrique ; mais dans la pratique, il est plus court de choisir dans plusieurs verres de cette espece, celui qui fait le mieux voir. XVII. LEÇON.

Les personnes qui se servent de verres concaves, voient les objets plus petits qu'à la vue simple ; mais ils les voient nettement, et à des distances plus grandes : on dit communément, que les vues courtes durent plus long-temps que les autres : si cela est aussi vrai que consolant, on en peut rendre raison, en disant que comme les yeux de myopes pechent par trop de convexité, s'ils s'applatissent en vieillissant, ils ne doivent point arriver aussi-tôt que d'autres à l'excès opposé. Ce qu'il y a de certain, c'est que les personnes qui ont la vue courte, écrivent, et aiment à lire les petits caracteres : mais je ne regarde pas ce penchant comme le signe d'une meilleure vue ; je crois

XVII. LEÇON.

que cela vient plutôt de ce qu'ils en découvrent plus d'un seul coup-d'œil.

On peut faire voir très-sensiblement les effets des lunettes, tant convexes que concaves, par une expérience très-curieuse. Prenez cet œil artificiel que j'ai employé dans l'expérience de l'article précédent, et qui est représenté par la *fig.* 3; tirez un peu en avant le petit tuyau qui porte la lentille de verre, et alors vous verrez que les images des objets seront très-confuses sur le papier huilé; c'est le cas d'une vue courte, ou d'un œil trop convexe, qui rassemble les rayons avant qu'ils soient parvenus à la rétine : présentez devant le tuyau un verre un peu concave; vous verrez aussi-tôt que l'image qui étoit confuse deviendra très-distincte.

Faites ensuite tout le contraire : enfoncez le tuyau plus qu'il ne faut pour représenter la vision naturelle; c'est le cas de l'œil presbyte, qui ne peut pas réfracter les rayons assez pour les réunir sur la rétine; aussi l'image sera-t-elle encore très-confuse sur le papier huilé : mais elle deviendra nette et distincte, dès que vous mettrez

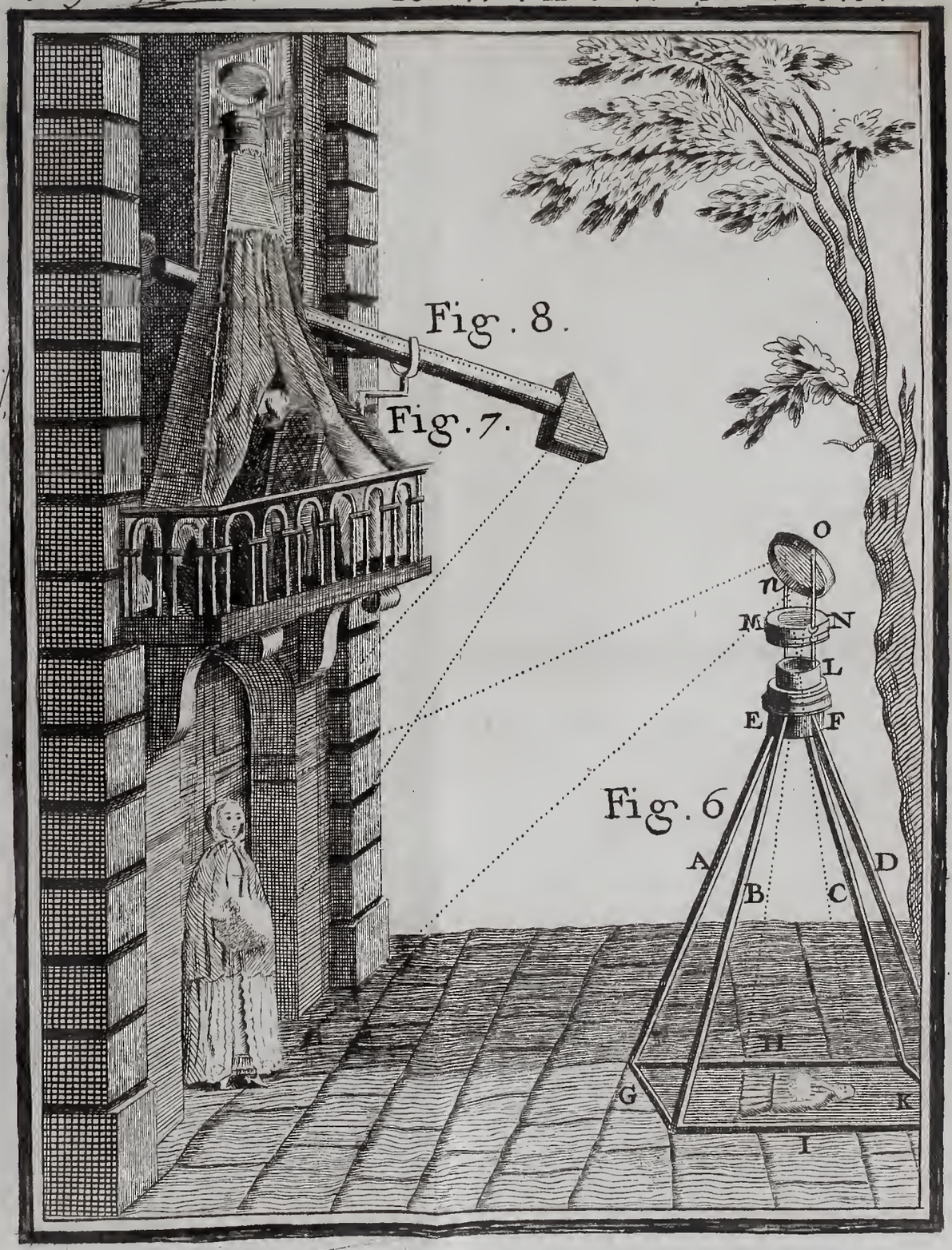


Fig. 8.
Fig. 7.
O
n
M
N
L
E
F
Fig. 6
A
B
C
D
H
G
K
I

trez devant le tuyau, la lunette d'un vieillard, c'est-à-dire, un verre un peu convexe (*a*).

Chambre obscure.

Après l'œil artificiel dont je viens de parler pour la seconde fois, rien ne représente mieux les effets de la vision, que ce qui se passe dans une chambre bien obscure, dans laquelle il n'entre du jour, que par un trou d'un pouce de diametre ou environ, pratiqué à la fenêtre. Un physicien du 16e siecle (*b*) remarqua le premier que les objets du dehors se dessinoient comme des ombres, sur la muraille et au plancher de sa chambre : cet effet le surprit agréablement ; il l'étudia avec attention, il le perfectionna, et enseigna dès-lors les moyens de rendre cette représentation plus distincte en mettant au trou de la

(*a*) Pour faire cette expérience à coup sûr, il faut avoir marqué auparavant sur le tuyau, les degrés d'enfoncement qu'il doit avoir, selon le plus ou le moins de convexité et de concavité des verres qu'on doit placer devant.

(*b*) Jean-Baptiste Porta, dans sa Magie naturelle, qui fut imprimée en 1560.

XVII. LEÇON.

fenêtre un verre lenticulaire, dont le foyer soit à la distance de la muraille qui est au fond de la chambre, ou d'un carton blanc qu'on approche davantage.

Depuis ce temps-là on a rendu cette expérience portative, en employant, au lieu de chambre, une boîte dont on a varié d'une infinité de manieres, la grandeur, la forme, la disposition, en gardant toujours ce qu'il y a d'essentiel, c'est-à-dire, un verre lenticulaire qui a son foyer sur un fond blanc, placé dans un lieu obscur. Supposez, par exemple, une boîte un peu plus longue que large, comme *ABCD*, *fig. 5 (a)*, garnie d'un tuyau *E*, fixé à l'un de ses petits côtés, pour recevoir un autre tuyau mobile *F*, qui porte un verre lenticulaire, dont le foyer est à la distance du fond *A C*. On voit que par les rayons qui se croisent en passant dans le verre *F*, l'objet se peint renversé au fond de la boîte, comme sur le mur de la chambre dont j'ai

(*a*) Dans la figure, on a laissé la moitié d'un des grands côtés ouverte, pour faire mieux entendre les effets qui se passent au-dedans.

parlé d'abord ; et l'on en jugera encore mieux, si ce fond *A C*, au lieu d'être de bois, est un morceau de glace dépolie, ou un châssis garni d'un papier huilé. XVII. LEÇON.

Si l'on veut que l'objet paroisse droit à quelqu'un qui aura l'œil placé en *A*, il faut placer dans la boîte un miroir qui ait une inclinaison de 45 degrés, comme *A G*, et que la moitié du couvercle puisse s'ouvrir comme *H I K L*: alors, si l'on met la glace dépolie, ou le châssis dont je viens de parler, sur la partie découverte *A K L*, les rayons réfléchis par le miroir, y porteront l'image de l'objet dans une situation droite, pour le spectateur qui aura l'œil en *A*.

Il est à propos que la partie du couvercle qui se leve, porte avec elle deux joues *H m*, et sa pareille attachée au côté *I L*, pour faire de l'obscurité sur le plan qui reçoit l'image: Et comme les rayons de lumiere qui viennent d'un objet éloigné, sont moins divergents que ceux qui viennent de plus près, il faut avancer ou reculer le tuyau mobile *F*, suivant la distance des objets qu'on veut

XVIIe LEÇON.

voir, pour avoir leurs images bien distinctes.

Les chambres noires ou obscures qu'on fait ainsi avec des boîtes, soit qu'elles se démontent ou non, ne sont pas aussi portatives qu'on le voudroit, ou bien on est réduit à n'avoir que des images fort petites : car si le foyer du verre est long, la boîte doit être grande à proportion. Il y a environ 25 ans que j'en ai imaginé une qui est très-legere, qui tient peu de place, et dont le verre peut avoir 30 pouces de foyer et même davantage. C'est une pyramide quarrée, formée par quatre triangles de bois *A B C D*, *fig. 6*, assemblées par en haut dans un collet de même matiere *E F*, et par en bas aux quatre coins d'un châssis *G H I K*; tous ces assemblages sont à charniere, et chaque côté du châssis se brise de même dans son milieu, de sorte qu'en ouvrant quatre crochets pour laisser le jeu libre aux charnieres *G*, *H*, *I*, *K*, les montants se plient et se rassemblent comme les baleines d'un parapluie, et à côté d'eux les traverses qui forment le châssis.

Le collet *E F* est percé à jour, pour recevoir un tuyau de carton *L*, garni d'un verre objectif, qui a son foyer à la base de la pyramide. La partie *L*, plus menue que le reste, reçoit un autre collet *M N*, qui tourne dessus avec liberté, et qui porte à sa circonférence deux petits tuyaux de cuivre *N*, *n*, fendus suivant leur longueur, pour faire ressort.

Dans ces tuyaux glissent de haut en bas deux petits montants de métal, qui portent une espece de couvercle *O*, au fond duquel est ajusté un miroir plan. On a fixé au bord de cette piece deux tenons ou pivots diamétralement opposés, qui tournent, avec un peu de frottement, dans des trous pratiqués au bout des montants, lesquels, pour cet effet, sont applatis comme la tête d'un compas. Lorsqu'on a joint le second collet *M N* au premier *E F*, on peut donc, sans remuer la pyramide, tourner le miroir vers différents points de l'horizon, et l'incliner, autant qu'on le veut, pour chercher les objets qu'on a dessein de voir. Et quand le couvercle est entiérement baissé, il forme, avec les

XVII. Leçon.

deux collets, une espece de boîte qui termine la pyramide, et qui renferme le verre et le miroir, qui sont les pieces les plus casuelles de l'instrument. On couvre d'un gros drap verd doublé en dedans de taffetas noir, trois côtés entiers de la machine et une partie *A E B* du quatrieme; en *A B* et aux parties inférieures des deux montants, on attache un rideau de quelque étoffe noire un peu épaisse, dont on puisse se couvrir la tête et les épaules. Il faut aussi que le drap des trois autres côtés déborde de 2 ou 3 doigts par en bas.

Pour faire usage de cette machine, on la pose sur une table bien droite, et couverte d'une grande feuille de papier blanc, dans un lieu sombre et qui soit un peu élevé; on prend le temps où les objets sont bien éclairés; on s'assied ayant le dos tourné vers eux, et l'on avance un peu sa tête sous le rideau, ayant soin qu'il n'entre pas d'autre jour que celui qui vient par l'objectif. Voyez la *fig.* 7. La machine étant pliée, le drap et le rideau se tournent autour des montants, et le tout se met dans un sac

de toile long et étroit ; ce qui la met en état d'être transportée fort aisément. XVII. LEÇON.

On voit, par la seule inspection de la *fig. 6*, que les rayons de lumiere partant de différents points de l'objet, vont frapper le miroir ; et qu'après s'être croisés dans l'objectif, ils vont dessiner l'image sur la table, dans une situation droite, pour la personne qui regarde par le côté *A B* de la pyramide. Cette espece de chambre noire pourroit servir pour voir ce qui se passe au-dehors d'une place assiégée, sans exposer sa tête ; car rien n'empêche que la table sur laquelle on la pose, ne soit derriere un rempart, et que la piece qui porte le miroir ne s'éleve au-dessus.

Polémoscopes.

On appelle ainsi les instruments, soit de Dioptrique, soit de Catoptrique, par le moyen desquels on peut voir sans être vu. Ordinairement la partie principale est un miroir incliné, qui renvoie l'image de l'objet au spectateur, qui ne peut pas le voir en droite ligne. Un homme sédentaire

XVII. LEÇON.

et curieux, du milieu de sa chambre, et sans quitter son bureau, un malade assis sur son lit, se procurent la vue de ce qui se passe dans une longue rue ou dans une place publique, par le moyen d'une glace placée au côté d'une fenêtre, avec une inclinaison convenable; un pareil miroir incliné à l'horizon, et qui s'avance un peu hors de la fenêtre, met un homme d'étude en état de se soustraire aux visites importunes, en lui faisant connoître ceux qui heurtent à la porte de sa maison.

Quand on veut un polémoscope portatif, on incline la glace de 45 degrés au fond d'une boîte, dont le devant reste tout-à-fait ouvert; et l'on fait au côté de cette boîte, sur lequel la glace est inclinée, un trou de 2 pouces de diametre ou environ, pour recevoir un tuyau de la longueur qu'on le veut avoir. Voyez dans la *fig.* 8, comment les rayons réfléchis par le miroir, vont porter l'image de l'objet à l'œil, qu'on suppose au bout du tuyau.

Avec cet instrument, l'on peut voir par-dessus la muraille d'une ville, d'un

jardin ; même dans une chambre voisine et placée sur la même ligne de celle où l'on est, pourvu que la fenêtre en soit ouverte, et qu'il y ait assez de lumiere. Il y a des gens qui portent de ces instruments dans leur poche, en forme de lorgnette d'opéra, et qui regardent tout à leur aise les personnes qui sont à côté d'eux, dans le temps qu'on les croit occupés de ce qui se passe au loin et devant eux : ils cachent, par ce petit stratagême, une curiosité qui passeroit souvent pour une indiscrétion et une impolitesse.

Curiosités, Perspectives, ou Optiques.

On donne communément tous ces noms à certaines boîtes dans lesquelles des objets convenablement éclairés, se font voir sous des images amplifiées et dans l'éloignement, par le moyen des miroirs et de quelques verres convexes : la construction de ces machines se varie de tant de manieres, que je ne puis ni ne dois parler ici de toutes celles qui sont connues ; je ferai mention de deux ou

XVII. LEÇON.

trois, et je supposerai des objets fort simples, afin que l'on comprenne mieux les effets.

On se souviendra, qu'en expliquant les propriétés du miroir sphérique concave, j'ai fait remarquer, que quand l'objet est placé plus loin de la surface réfléchissante que le foyer des rayons parallèles, son image se trouve renversée et devant le miroir. En conséquence de cela, on se procure un joli spectacle, si l'on met un tableau qui représente un paysage, devant un de ces miroirs, et qu'en s'éloignant un peu, on regarde par-dessus dans le miroir : il faut, pour bien faire, que le tableau soit fort éclairé, et que le miroir soit dans l'obscurité : ceux qu'on fait en Angleterre avec des glaces courbées et mises au tain, rendent ces représentations plus vives et plus nettes que ceux de métal, parce qu'ils réfléchissent mieux la lumiere, et qu'ils sont moins sujets à se ternir.

Ces illusions se multiplient agréablement, quand on se sert d'une boîte longue, représentée par la *fig.* 9, dont le dessus n'est qu'une gaze ou un taffetas blanc et très-mince, pour

laisser passer beaucoup de lumiere : l'un des petits côtés *A B*, porte un miroir concave, dont le foyer est à la distance *F*; et sur l'autre en dedans, on glisse successivement des cartons peints qui représentent des édifices, des jardins, et d'autres objets semblables : on place l'œil vis-à-vis d'un trou, qui est percé à jour dans le même côté de la boîte, un peu au-dessus des cartons.

Si les deux grands côtés d'une pareille boîte sont ornés de peintures, telles que celles dont je viens de parler ; que, sur le fond, il y ait des petites figures isolées, de bois, d'émail, ou de carton, en repos ou en mouvement, et que les deux petits côtés soient couverts de deux miroirs plans ; en regardant simplement par le trou *D*, on verra tous ces objets multipliés presque à l'infini, et dans un grand éloignement, pour les raisons que j'ai déduites, en expliquant les effets des miroirs plans : et ce petit spectacle deviendra encore plus divertissant, si l'on met au trou un verre lenticulaire, dont le foyer soit à peu près au milieu de la longueur de la

XVII. LEÇON.

boîte ; car ce verre ne manquera pas d'amplifier les images et les distances.

On donne encore à ces sortes de boîtes la forme d'une tour quarrée, *fig.* 10, au haut de laquelle il y a un miroir incliné comme *C E* : les images de tous les objets rangés dans la longueur de la boîte, sont renvoyées par le miroir à l'œil, qui les apperçoit dans la direction horizontale *F G*. Le côté opposé à *F H*, est celui qui est couvert de gaze ou de taffetas, et que l'on tourne du côté du jour. Le petit tuyau *F* porte aussi un verre lenticulaire, pour faire paroître le lieu et les objets plus grands.

Télescopes, et Lunettes d'approche.

Ce sont des tuyaux dans lesquels des verres ou des miroirs (quelquefois les uns et les autres) combinés d'une certaine maniere, nous font appercevoir distinctement des objets trop éloignés pour la vue simple. On les nomme *Télescopes*, parce que le premier est le plus important usage qu'on en ait fait, a été d'examiner les astres connus, et d'en découvrir

d'autres qui ne l'étoient pas. Quand on s'en sert pour les objets terrestres, le vulgaire les appelle lunettes *d'approche*, parce que ces instruments semblent diminuer la distance qui est entre l'objet et le spectateur.

L'invention des télescopes a été d'un grand secours pour les progrès de l'Astronomie ; c'est de cette époque qu'il faut dater les plus belles découvertes qui ont été faites dans cette science, par Képler, Galilée, Huyghens, Dominique Cassini, Halley, Roëmer, Bradley, etc. Avant ce temps-là, on ne connoissoit ni ce qu'on appelle montagnes, vallées et mers dans la Lune, ni les taches du Soleil, ni les satellites de Jupiter : on ignoroit pareillement ceux de Saturne et son anneau, les phases de Vénus, le diamètre des autres planettes, leurs rotations sur leur axe, la durée de ces révolutions, et toutes les conséquences qu'on est en droit de tirer de tous ces faits bien constatés.

Aussi plusieurs Nations se disputent-elles l'honneur d'avoir inventé les télescopes. Guillaume Molineux et Samuel son fils le révendiquent pour

XVII. LEÇON.

l'Angleterre, en attribuant cette invention à Roger Bacon, que j'ai déjà cité ci-dessus : mais M. Smith prouve assez bien, par la maniere même dont ce religieux s'est énoncé, qu'il n'a fait que prévoir tout au plus, ce qu'on pourroit faire par le moyen des verres lenticulaires, et qu'il n'a jamais fait sur cela aucune épreuve, à laquelle on puisse rapporter la découverte dont il s'agit.

M. Huyghens croit que c'est un effet du hasard ; mais il le fait naître dans sa patrie : « Quelques-uns, dit-il, * » attribuent la premiere invention du » télescope à Jacques Métius, habitant » d'Alcmaër ; mais je suis certain » qu'un ouvrier en avoit fait avant lui » à Middelbourg en Zélande, vers l'an » 1609. Il se nommoit Jean Lipersheim, selon Sirturus, et Zacharie, » selon Borelli (*a*), etc ». Ce qu'il y a de certain, c'est que les premiers télescopes ont été composés de deux verres, dont l'un étoit convexe et

* *Dans sa dioptrique*, *p.* 163.

(*a*) M. Muschenbroek rapporte cette découverte à l'année 1590, et l'attribue à Zacharie Jansze et Jean Lipersheim, habitants de Middelbourg en Zélande. *Essai de Physiq.*, *pag.* 598.

l'autre concave, et que ceux de cette espece se nomment encore aujourd'hui *Télescopes hollandois*.

Ces premiers instruments, production du hasard et d'une industrie peu éclairée, n'eussent jamais été d'une grande utilité, si l'on eût abandonné le soin de les perfectionner, aux artistes qui en avoient fait la découverte: mais dès qu'ils furent connus, les savants s'en emparerent. Entre les mains de Galilée, de Képler, et de M. Huyghens, leur construction fut réglée suivant les principes bien entendus et bien médités dans la Dioptrique; et le célebre Campani (*a*) y ajouta l'exécution la plus heureuse et la plus réguliere.

Le télescope de Galilée, le même que celui des Hollandois, à cela près qu'il est construit dans de meilleures proportions, est composé de deux verres, dont l'un, qui est convexe, se nomme *objectif*, parce qu'il est placé au bout du tuyau qu'on tourne vers l'objet, l'autre, qui est concave, s'appelle *oculaire*, parce qu'il est à l'autre bout

(*a*) Artiste de Rome très-habile et très-instruit.

XVII. LEÇON. où se présente l'œil de l'observateur. Voici, autant qu'on le peut représenter dans une petite figure, quelle est la marche des rayons dans cet instrument, et comme il amplifie l'image de l'objet.

Il faut supposer que l'objet *A B*, *fig.* 11, est tellement éloigné, que les jets de lumiere qui viennent de chaque point de sa surface tomber sur l'objectif, comme *A C*, *B C*, sont composés de rayons, non sensiblement divergents comme dans la figure, mais presque paralleles entr'eux. Ces jets cylindriques ou à peu près, en traversant le verre convexe, se convertissent en autant de pyramides, qui formeroient par leurs pointes l'image renversée *a b* de l'objet, sans l'interposition de l'oculaire *D*, lequel, étant concave, rend paralleles entr'eux les rayons de chaque pyramide. Ainsi chacun de ces jets ou pinceaux entrant dans le crystallin de l'œil *E*, comme s'il venoit d'un lieu fort éloigné, ne s'y rompt qu'autant qu'il le faut, pour former une pointe au fond de l'organe *F G*; et par ce moyen, il s'y dessine une image distincte et renversée, comme elle le seroit à la vue

simple : c'est pourquoi cette espece de télescope fait voir les objets dans leur situation naturelle et sous un plus grand angle, ce qui augmente leur grandeur apparente.

Ce télescope ne pouvant avoir qu'une longueur très-limitée (*a*), ne peut pas grossir beaucoup ; d'ailleurs il y a peu de champ ; c'est-à-dire, que l'œil qui s'en sert, ne peut embrasser que très-peu d'objets d'un seul aspect, parce que les faisceaux de lumiere qui sortent de l'oculaire étant divergents entr'eux, la prunelle ne peut pas comprendre en même temps ceux qui viennent des extrémités d'un grand objet.

On trouve dans la Dioptrique de Képler, qui fut imprimée en 1611, la description d'un télescope, qui fut dès-lors qualifié d'*Astronomique ;* parce qu'il est bien meilleur que le précédent, pour observer le ciel. Il est composé de deux verres convexes placés aux deux extrémités d'un tuyau, de maniere que leurs foyers coincident au même endroit : ainsi la longueur totale de l'ins-

(*a*) Les plus grandes lunettes de cette espece n'ont que 15 ou 18 pouces.

XVII. LEÇON.

trument résulte de celles des deux foyers CF, DF, prises en somme, *fig.* 12.

Les jets de lumiere AC, BC, qu'on suppose venir de fort loin, et qui par conséquent sont composés de rayons presque paralleles, en passant par le verre objectif C, se convertissent en autant de pyramides, dont toutes les pointes dessinent l'image de l'objet à la distance F, où est le foyer du verre. Mais ces rayons se croisant, deviennent divergents; s'ils tombent sur un verre lenticulaire D, dont le foyer soit à la distance de E, où commence leur divergence, ils deviennent paralleles entr'eux, en même-temps que les jets qu'ils composent, tendent à se réunir dans l'œil qui est placé en E.

L'objet paroît donc sous l'angle GEH, beaucoup plus grand que ne seroit AEB, par la vue simple; et l'image est droite au fond de l'œil, puisque c'est celle qui est renversée en F, qui devient l'objet immédiat de la vision; par conséquent le véritable objet AB doit paroître le haut en bas.

Ce dernier effet est un inconvénient par-dessus lequel on passe, quand on n'a,

comme les astronomes, que des corps ronds à observer, et que l'on cherche, comme eux, à conserver à l'instrument toute la clarté dont il est susceptible ; mais pour voir sur la terre, cela est incommode, on aime à voir les objets dans leurs situations naturelles. On se procure cet avantage en ajoutant deux oculaires convexes au premier : car, par la seule inspection de la *fig.* 13, on voit que, si au lieu de placer l'œil en *E*, pour recevoir les faisceaux de rayons paralleles qui viennent s'y rendre, on les laisse se croiser, et qu'on les reçoive ensuite sur un second oculaire *K*, de paralleles qu'ils sont, ils deviennent convergents, et forment une seconde image, mais en sens contraire de la premiere qui est en *F*. Après quoi, s'ils passent à un autre oculaire *L*, ce verre qui les reçoit divergents de la distance *f* où est son foyer, leur rend le parallélisme qu'ils avoient avant que d'entrer dans le verre *K*, et les jets qui en résultent, vont de part et d'autre à l'œil placé en *M*, dans le même ordre qu'ils ont en *E*, en sortaat du télescope astronomique. Mais comme c'est la seconde image *a f b* qui est ici l'objet im-

XVII. LEÇON.

médiat de la vision, et que cette image est en sens contraire de la premiere *b F a*, ou plutôt dans le même sens que l'objet réel, elle doit être apperçue, comme on le voit lui-même à la vue simple.

Dans ces télescopes, tant à deux qu'à quatre verres convexes, la grandeur du champ dépend de la largeur de l'oculaire; car comme les rayons de lumiere qui viennent des extrémités opposées de l'objet, se croisent dans l'objectif, il est aisé de concevoir, que plus l'oculaire est large, plus il embrasse de ces rayons, qui s'écartent les uns des autres après leur croisement. Cependant on ne laisse pas aux oculaires toute la largeur qu'ils pourroient avoir, parce que la lumiere qui passe trop près des bords, ne s'y réfracte pas aussi réguliérement que vers le milieu. Quant à la quantité dont ces instruments grossissent les objets, on peut prendre ceci pour regle : la grandeur apparente par le télescope est à la grandeur apparente à la vue simple, comme la distance *C F*, est à la distance *D F*; c'est-à-dire, que si le foyer de l'objectif est 30 fois plus long que celui de l'oculaire, le diametre de l'objet vu par la lunette pa-

roîtra 30 fois plus grand qu'à la vue simple.

Les télescopes de réfraction, pour grossir beaucoup, doivent être fort longs, ce qui les rend embarrassants et difficiles à manier; ils ont encore un autre défaut, c'est que les images qu'ils amplifient à un certain point, manquent de clarté et de netteté : on attribua d'abord cette derniere imperfection, à des causes qui n'y avoient pas grande part (*a*), et les moyens dont on convint pour y rémédier, n'auroient pas réussi, quand ils eussent été praticables (*b*).

(*a*) Voyez ce que j'ai rapporté à ce sujet, au commencement du 1er article de la 3e section. Consultez de plus l'Optique de Newton, liv. 1, part. 1, prop. 7, où il démontre que l'erreur qui vient de la seule sphéricité des verres d'un télescope est plusieurs centaines de fois moindre que celle qui vient d'une autre source qu'il désigne, et à laquelle on ne peut pas remédier.

(*b*) Si l'objectif d'un télescope, au lieu d'être une portion de sphere, étoit d'une figure hyperbolique ou elliptique, comme on avait trouvé qu'il falloit le faire, il seroit nécessairement fort épais, et par conséquent il intercepteroit trop de lumiere : de plus, il ne

XVII. LEÇON.

Ces considérations firent naître l'idée d'employer des miroirs au lieu des verres, pour former les images des objets; ce moyen paroissoit plus sûr, en ce que les rayons de lumiere, de quelqu'espece qu'ils soient, font toujours leur angle de réflexion égal à celui de leur incidence; un autre avantage, qui ne paroissoit pas moins réel, et qui étoit très-important, c'est qu'il étoit évident que ces nouveaux instruments, pour grossir autant que les télescopes de Dioptrique, n'auroient pas besoin d'être aussi longs. Jacques Grégory d'Aberdéen produisit le premier télescope de réflexion en 1663; peu d'années après, Newton en fit un d'une construction différente, dont on trouve la description dans les Transactions philosoph. n°. 80, et dans son Optique, vers la fin de la première partie du premier livre.

Quoique le télescope de Newton n'ait été publié qu'après celui de Grégory, il paroît cependant que ce der-

réuniroit bien que les rayons paralleles à son axe; ceux qui viendroient des côtés de l'objet, se rassembleroient moins bien que par une lentille d'une courbure sphérique.

Fig. 11.

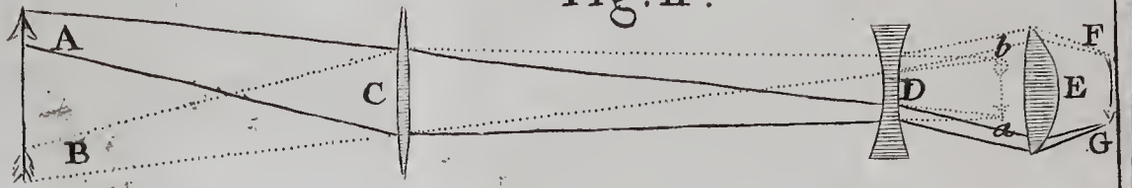


Fig. 12.

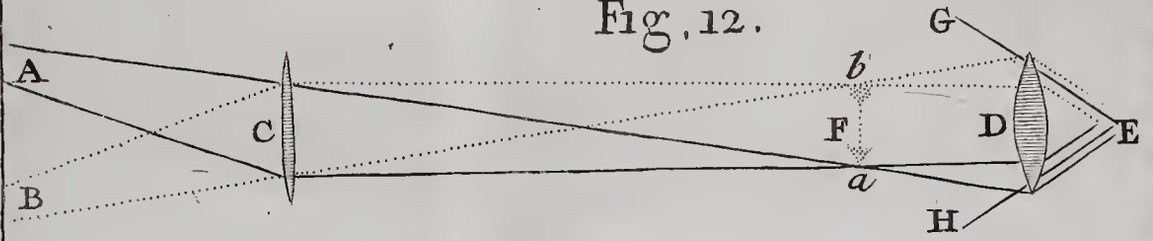


Fig. 13.

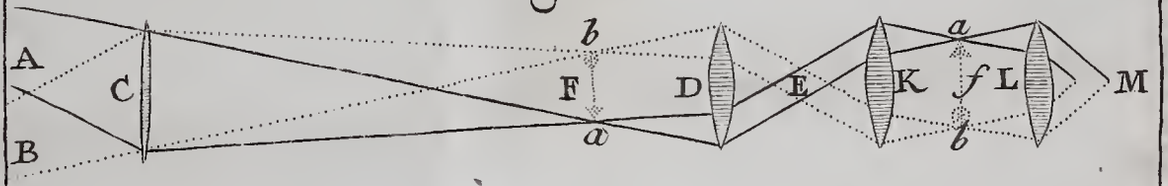
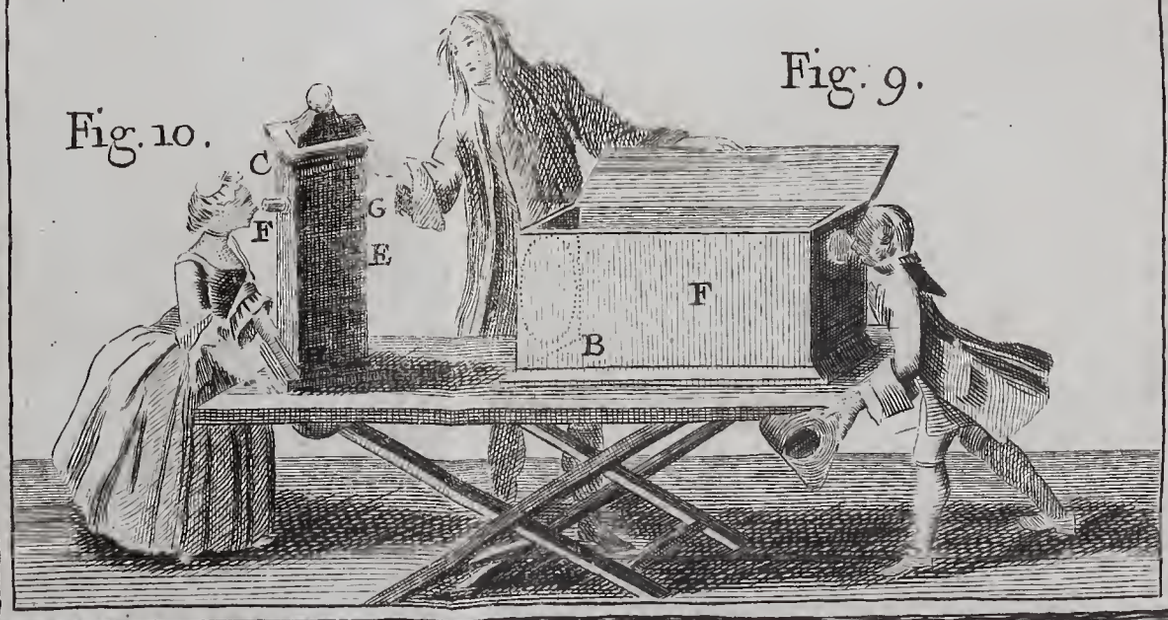


Fig. 10.

Fig. 9.



nier n'a pas été aussi-tôt en usage, soit par des retardements d'exécution, soit qu'on le trouvât moins parfait ; ce ne fut guere que vers l'année 1726, que les ouvriers commencerent à en débiter à Londres, après qu'il eut été perfectionné par M. Hadley. XVII. LEÇON.

Le télescope newtonien est composé d'un large tuyau *D D D D*, au fond duquel est fixé un miroir concave de métal *G H*, dont le foyer est vers l'autre bout, qui est ouvert. Entre ce miroir concave et son foyer, est un autre miroir de métal *I K*, plan, beaucoup plus petit que le premier, de figure ovale, incliné de 45 degrés à l'axe du tuyau, et porté par une tige, avec laquelle il se meut en avançant et reculant suivant la longueur du tuyau. Vis-à-vis de ce petit miroir, le tuyau est percé d'un trou rond, pour recevoir un autre petit tuyau *L L* garni d'une ou de plusieurs lentilles. La place de l'œil est en *O*, où il y a une ouverture d'une ligne de diametre tout au plus. Voici quelle est la marche de la lumiere dans cet instrument.

Il faut supposer que *A G*, *B H*, sont deux faisceaux de rayons paralleles ou

XVII. LEÇON.

très-peu divergents, qui viennent des deux extrémités opposées d'un objet qui est fort éloigné, et qui se sont croisés avant que d'entrer dans le télescope; de sorte que $A\,G$, vient de la partie supérieure, et $B\,H$ de la partie inférieure de cet objet. Dès que ces jets de lumiere tombent sur les parties G, H du miroir concave, les rayons qui les composent, de paralleles qu'ils sont ou à peu près, deviennent convergents au foyer F, comme on l'a vu dans la Catoptrique; et il se formeroit en cet endroit une image renversée de l'objet, sans l'interposition du petit miroir $I\,K$, qui arrête et réfléchit ces pyramides de lumiere, vers le trou latéral $L\,L$; d'où il arrive que l'image est transposée en $c\,d$, sans aucun autre changement, attendu que le petit miroir est plan.

De l'endroit où se forme l'image, les rayons de chaque faisceau recommencent à diverger entr'eux: en passant ensuite par la lentille $L\,L$ dont le foyer est à la distance $c\,d$, ils redeviennent paralleles; et les jets cylindriques qu'ils forment, s'avancent en convergeant vers l'œil, qui apperçoit l'image de l'objet sous l'angle LOL, et par conséquent beaucoup

beaucoup plus grande qu'à la vue simple, mais dans une situation renversée. On peut la redresser, en mettant dans le petit tuyau trois lentilles au lieu d'une, comme dans les télescopes de Dioptrique.

Afin qu'on puisse employer dans le tuyau *L L* des lentilles de différents foyers, ce tuyau et le petit miroir s'avancent et reculent ensemble, suivant la longueur du télescope; par ce moyen, l'image *c d* s'approche ou s'éloigne de la lentille *L L*. Et comme on est obligé de regarder de côté, pour diriger avec plus de facilité l'instrument vers l'objet, on y joint ordinairement une lunette composée de deux verres, dont l'axe est parallele à celui du télescope. Le tout est porté sur un pied qui se hausse et se baisse à volonté; et le corps de l'instrument est soutenu par deux pivots fixés au milieu de sa longueur, et sur lesquels il tourne pour s'incliner autant qu'on le veut. Voyez la *fig.* 15.

Le télescope grégorien, tel qu'il est aujourd'hui, est aussi composé d'un gros tuyau *D D D D*, *fig.* 16, au fond duquel est un miroir concave de métal *G H*, percé au milieu. Vers l'autre

XVII. LEÇON.

bout, est un second miroir de métal $I K$, plus concave que le premier, dont le diametre est un peu plus grand que celui du trou qui est au milieu du grand miroir; il est porté par une tige qui tient au tuyau, et avec laquelle il peut s'avancer et se reculer dans une coulisse pratiquée à cet effet. Le trou du grand miroir répond à un petit tuyau dans lequel il y a un verre plan convexe $L l$, et un autre $M m$, qui est taillé en ménisque ou en lentille; et l'ouverture du côté de l'œil en O, est un très-petrit trou rond.

Pour entendre comment les images se forment dans cet instrument, il faut encore supposer, comme on l'a fait ci-dessus, pour le télescope newtonien, que $A G$, $B H$, sont des faisceaux de rayons qui viennent des extrémités opposées d'un objet très-éloigné, et qui se sont croisés avant que d'entrer dans le télescope. Les rayons presque paralleles qui composent chacun de ces jets de lumiere, étant réfléchis par le miroir concave $G H$, deviennent convergents, et font une image distincte et renversée à la distance $a b$, où est le foyer des rayons paralleles; ensuite ils

deviennent divergents, et s'avancent en cet état jusqu'au petit miroir *I K*, qui ayant son foyer un peu plus loin que la distance *a b*, d'où ces rayons commencent à diverger, les rend un peu convergents après la réflexion; tellement que s'ils ne rencontroient rien dans le petit tuyau, ils iroient former une image bien au-delà de la distance *L l*; mais pour rendre l'instrument plus court, on les reçoit là, sur un verre plan convexe qui augmente leur convergence, et qui les réunit à la distance *c d* où se forme l'image; ensuite lorsqu'ils sont devenus divergents, on les fait passer par une autre verre qui a son foyer à la distance *c d*, ce qui fait qu'ils sont émergents par des lignes paralleles, et que les faisceaux qu'ils composent, se dirigent de part et d'autre vers *O* où est l'œil, et lui font voir l'image sous l'angle *n O p*.

Le tuyau est monté sur un genou qui tient à un support, au moyen de quoi il a tous les mouvements imaginables. Pour faire approcher le petit miroir du grand, ou pour l'en éloigner, il y a une verge de métal qui tourne dans deux ou trois collets placés sur la

XVII. LEÇON.

longueur du tuyau, et dont un bout qui est taillé en vis, enfile l'extrémité de la tige qui porte le petit miroir; cette verge est garnie à son autre bout d'une tête que l'on tient à la main pour la faire tourner d'un côté ou de l'autre, jusqu'à ce qu'on apperçoive l'image de l'objet bien distinctement. Ce mouvement du petit miroir est nécessaire: car quand l'objet qu'on regarde est plus éloigné, l'image s'écarte des oculaires; et quand il est plus près, c'est tout le contraire: comme ces oculaires sont fixes, il faut que le petit miroir s'avance ou se recule, pour entretenir l'image toujours à la même distance de ces verres. C'est pour la même raison que dans les lunettes de Dioptrique, le tuyau des oculaires doit se tirer davantage pour les objets qui sont les moins éloignés.

Le télescope grégorien que je viens de décrire, fait voir l'objet droit, puisque la derniere image *c d* que l'œil reçoit, est dans la même situation que *A B*. Il est un peu moins clair que celui de Newton, parce qu'il y a deux verres, et que la lumiere souffre d'autant plus de déchet, qu'elle a plus

Telescope Newtonien

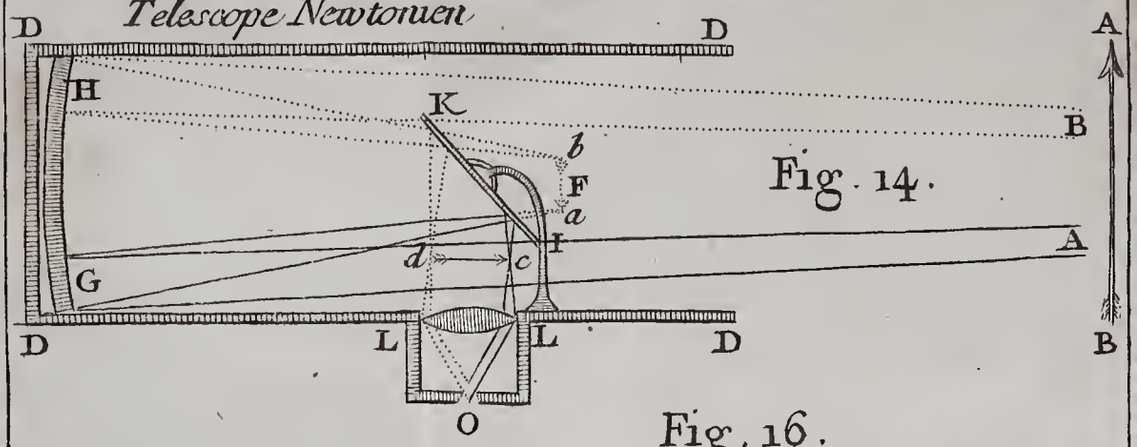
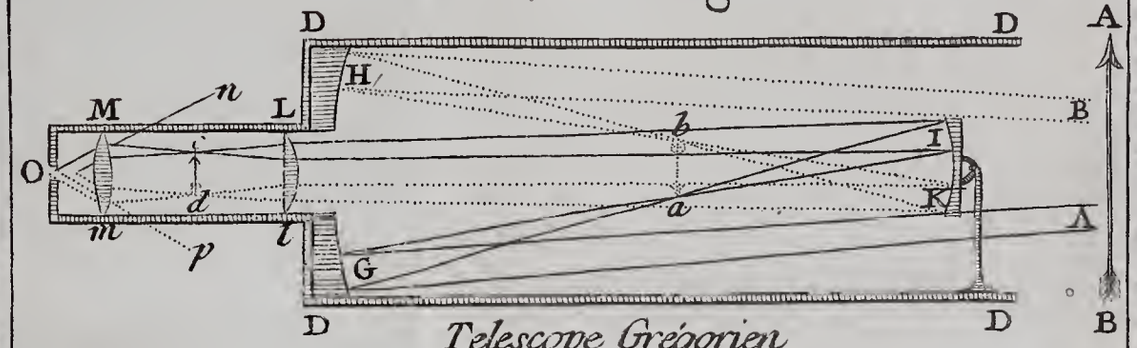


Fig. 14.

Fig. 16.



Telescope Grégorien

Fig. 17.

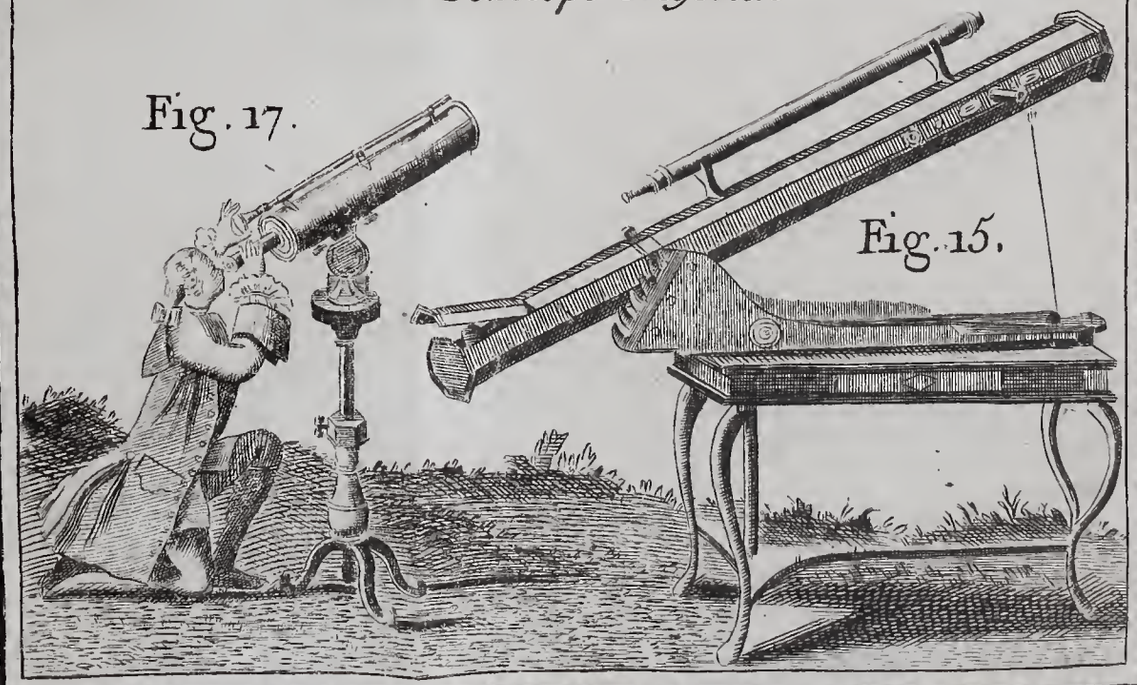


Fig. 15.

d'épaisseur à traverser. Mais, à grandeurs égales, il grossit davantage ; et bien des gens le préferent, parce qu'on place l'œil au bout, comme dans les lunettes de Dioptrique. Voyez la *fig.* 17, qui représente un de ces instruments qui a 15 pouces de longueur ; c'est celui qui est plus en usage maintenant pour les objets terrestres.

Microscopes simples et composés.

On appelle *microscopes* tous les instruments qui nous font distinguer les objets imperceptibles à la vue simple ; ils nous aident à voir de près, comme les télescopes, pour regarder au loin : autant ceux-ci facilitent les progrès de l'astronomie, autant ceux-là sont avantageux à la physique et à l'histoire naturelle ; sans eux nous serions privés d'une infinité de découvertes et de connoissances utiles, par lesquelles se sont illustrés les Borelli, les Hook, les Malpighi, les Lewenhock, les Réaumur, et tant d'autres grands hommes, à qui ces nouveaux organes ont dévoilé les secrets de la nature.

Les microscopes sont ou simples ou

XVII. LEÇON. composés. Les premiers sont faits d'un petit corps transparent, de figure sphérique ou lenticulaire, et ordinairement ce petit corps est du verre. Les autres sont des assemblages de plusieurs verres, par la combinaison et l'arrangement desquels les images des objets sont amplifiées, et présentées d'une maniere commode à l'œil de l'observateur.

Si l'on veut considérer comme microscope tout ce qui augmente la grandeur apparente des corps qu'on regarde, il faut rapporter l'invention du *microscope simple* au temps où l'on a commencé à connoître l'effet des verres lenticulaires, et c'est remonter au-delà de 400 ans : mais comme ce nom tient pour le moins autant à l'usage qu'on a fait de cette espece de verre, qu'à sa figure et à la propriété qui en résulte, je ne pense pas que cet instrument ait été connu comme tel, avant le commencement du dernier siecle; car il me semble qu'on ne voit point d'observations microscopiques, qui ne soient postérieures à ce temps-là (*a*). Quant

(*a*) François Stelluti publia, en 1625, la Description des parties des Abeilles, qu'il avoit examinées avec une loupe de verre.

XVII. LEÇON.

aux *microscopes composés*, M. Huyghens dit avoir appris de témoins oculaires, que Drebbel, son compatriote, en faisoit à Londres en 1621 : Fontana, dans un ouvrage qu'il fit paroître en 1646, prétend avoir fait de ces instruments dès 1618 ; il ne paroît pas que personne en ait fait auparavant.

C'est un fait, que plus les lentilles transparentes sont petites et convexes, plus elles ont de force pour grossir les objets : voilà pourquoi un globule de verre, fondu au bout d'une aiguille à la bougie, ou une goutte d'eau enchâssée dans un trou rond que l'on fait dans une petite lame de plomb, fait un assez bon microscope : on en comprendra la raison, en examinant ce qui se passe, quand on regarde un petit corps au travers d'une plus grande lentille : et l'on sera peut-être bien surpris de voir que ce globule de verre et cette goutte d'eau ne sont pas microscopes, en tant qu'ils amplifient l'image de l'objet, mais seulement parce qu'ils la font voir plus clairement, et que le même objet vu par le même trou vuide et à la même distance, paroît aussi grand, que

XVII. LEÇON.

quand on le regarde à travers la goutte d'eau ou à travers le globule de verre.

Supposons l'œil placé en *C*, *fig.* 18, vis-à-vis et tout près d'un très-petit trou percé à jour dans une lame de métal *D D*, et qu'il regarde par-là un objet placé à une petite distance, il le verra distinctement ; parce que, comme le trou est fort petit, l'œil ne peut recevoir de chaque point visible de l'objet, qu'un rayon simple, pour ainsi dire, et non pas comme d'ordinaire, un faisceau de rayons divergents, qui aient besoin d'un certain degré de réfraction pour se réunir justement sur la rétine ; l'impression d'un seul rayon est toujours distincte. La grandeur apparente de l'objet sera aussi beaucoup plus grande ; car il sera apperçu sous l'angle *A C B* beaucoup plus grand que *E C F*, qu'on suppose être celui sous lequel ce même objet pourroit être vu distinctement par le même œil, sans l'interposition de la lame trouée ; de sorte que si la distance de l'objet à l'œil qui regarde par le petit trou, est cent fois plus petite que celle à laquelle il faut placer le même objet, pour le voir distinc-

tement à vue découverte et libre, on peut dire que l'objet paroît alors cent fois plus grand qu'on ne le voit ordinairement. XVII. LEÇON.

Mais qu'arrivera-t-il de plus, si au lieu de ce petit trou, nous supposons une lentille de verre *d d*, qui ait son foyer à la distance *a b* égale à *A B*; les rayons simples *a c*, *b c*, passeront de même à l'œil en traversant le verre, et l'angle visuel sera toujours *a c b*, comme auparavant; c'est-à-dire, qu'on verra l'objet de la même grandeur que par le petit trou; mais son image dans l'œil, sans être plus distincte, sera plus claire, parce qu'elle sera formée, non seulement par les rayons simples *a c*, *b c*, etc., mais encore par des rayons collatéraux qui divergeant des mêmes points *a*, *b*, etc., se réfracteront dans la lentille, et en sortiront du côté de l'œil par des lignes paralleles aux premiers *a c*, *bc*.

C'est par cette derniere raison, que les microscopes simples font mieux qu'un petit trou à jour; mais leur pouvoir d'amplifier vient essentiellement de ce que, par leur moyen, on peut voir distinctement à une très-

XVII. LEÇON.

petite distance de l'œil. Si l'on veut donc savoir combien de fois grossit une lentille, il n'y a qu'à comparer la longueur de son foyer avec la distance à laquelle on verroit distinctement l'objet à la vue simple ; si ces deux quantités, par exemple, sont comme $\frac{1}{2}$ ligne et 8 pouces, on peut dire que la lentille grossit 192 fois, parce qu'une $\frac{1}{2}$ ligne est $\frac{1}{192}$ de 8 pouces.

Le microscope simple ne grossissant donc l'apparence des objets qu'autant qu'ils sont extrêmement près de lui, et qu'il est lui-même tout contre l'œil, son usage est par-là très-incommode, et même impraticable dans beaucoup d'occasions, parce qu'il y a quantités d'objets auxquels on ne peut pas l'appliquer, et qu'il est toujours très-difficile d'éclairer suffisamment ceux qu'on veut examiner avec cet instrument. Ces inconvénients ont fait imaginer les microscopes composés, dont le principal mérite est de faire presqu'autant d'effet que le microscope simple, avec des lentilles d'un foyer plus long ; ce qui les rend d'un usage plus étendu et plus fa-

cile, sans compter qu'avec ces instruments on découvre d'un seul coup d'œil un plus grand nombre de points visibles.

Je n'examinerai point ici quelle est la meilleure combinaison de verres qu'on puisse employer, dans la composition du microscope, ni la grandeur de ces verres, ni leurs distances respectives; je réserve cette discussion pour un autre ouvrage dont j'ai déjà parlé plusieurs fois : il me suffira de suivre ici, à l'aide d'une figure, la marche des rayons de la lumiere dans un microscope à trois verres; c'est celui qui est aujourd'hui le plus en usage.

Soit donc un objet $A\,B$, placé un peu plus loin que le foyer de la lentille c, et suffisamment éclairé; les rayons divergents qui partent de tous les points visibles, comme $A\,d$, $A\,e$, ou $B\,d$, $B\,e$, et qui couvrent toute la surface intérieure de la lentille, après avoir souffert les réfractions ordinaires, deviennent émergents par des lignes un peu convergentes $e\,f$, $d\,g$; de sorte que, si rien ne les arrêtoit, ces faisceaux de rayons réunis for-

XVII. LEÇON.

meroient une image renversée à la distance E.

Mais ces jets de lumiere étant reçus par la lentille D, de divergents qu'ils étoient, deviennent convergents entr'eux ; et les rayons qui les composent, devenant plus convergents qu'ils ne l'étoient, se croisent, et forment à peu de distance de-là, l'image renversée $a\ b$.

Cette image étant au foyer d'une troisieme lentille F, les rayons divergents qui partent des points $a\ b$, etc., en passant par ce verre, se disposent parallelement entr'eux, forment des jets qui tendent à se réunir en O où se place l'œil, et font voir l'image $a\ b$, sous l'angle $k\ O\ h$, sans comparaison plus grande que $A\ O\ B$, qui est celui de la vue simple.

Les plus grands avantages qu'on puisse procurer à ces instruments, sont d'être applicables à toutes sortes d'objets, d'être bien éclairés, et de pouvoir être maniés commodément. Il seroit impossible et superflu de dire ici tout ce qu'on a tenté jusqu'à présent pour remplir ces conditions : chacun a varié la mon-

ture du microscope, suivant son génie et ses vues; la plupart des artistes, pour en augmenter le prix, l'ont chargé de tant de superfluités et d'ornements déplacés, qu'il faut, pour s'en servir, une étude particuliere que peu de gens veulent se donner la peine de faire: Voici ce que j'y trouve d'essentiel.

Pour comprendre toutes sortes d'objets, il faut que le microscope puisse s'appliquer également à ceux qui sont transparents, et à ceux qui sont opaques. Il est donc à propos pour les premiers, que l'instrument puisse se tenir dans une situation à peu près horizontale, afin que le jour y entre comme dans une lunette; ou, ce qui est encore mieux, qu'il y ait à quelque distance sous la lentille objective, un miroir qui s'incline à volonté pour prendre la lumiere du jour, ou d'une bougie, et la réfléchir sous l'objet qu'on observe. Quant aux corps opaques, on les illumine en rassemblant la lumiere dessus par le moyen d'un miroir, ou d'un verre lenticulaire disposé convenablement pour cet effet.

La plus grande difficulté qui se rencontre dans l'usage du microscope,

XVII. LEÇON.

c'est de placer l'objet à la distance précise, à laquelle il convient qu'il soit de la lentille objective ; il faut que cela se fasse par des mouvements très-aisés à mesurer, sur-tout quand le verre est d'un foyer fort court ; et c'est en quoi la plupart des artistes réussissent le moins ; ou le plus souvent, cet avantage est compensé par des défauts qui en diminuent bien le mérite. Ce qui s'est pratiqué de mieux jusqu'à présent, ce sont des vis bien faites, qui font descendre et glisser également le corps du microscope le long de son portant.

Un microscope qui n'auroit qu'une lentille objective, ne pourroit servir qu'à des objets d'une certaine grandeur; il faut qu'il y en ait plusieurs de différentes forces qu'on puisse placer successivement au bout du tuyau ; mais je trouve aussi qu'il est inutile d'en avoir un si grand nombre ; trois ou quatre suffisent pour l'observateur le plus exact et le plus occupé. Si l'on est curieux de connoître la forme extérieure des microscopes dont je me sers le plus, on peut jeter les yeux sur la *fig.* 6 de la première Leçon, *tom. I*, et sur la *fig.* 20, gravée ci-après.

Fig. 18.

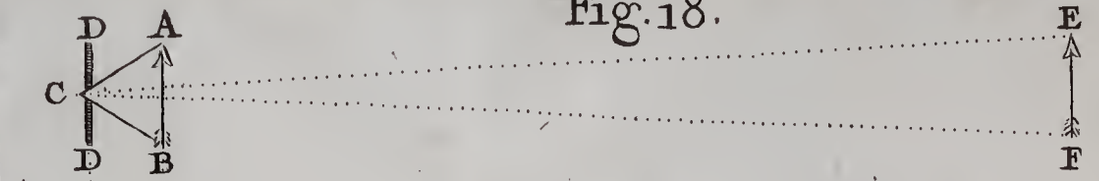


Fig. 19.

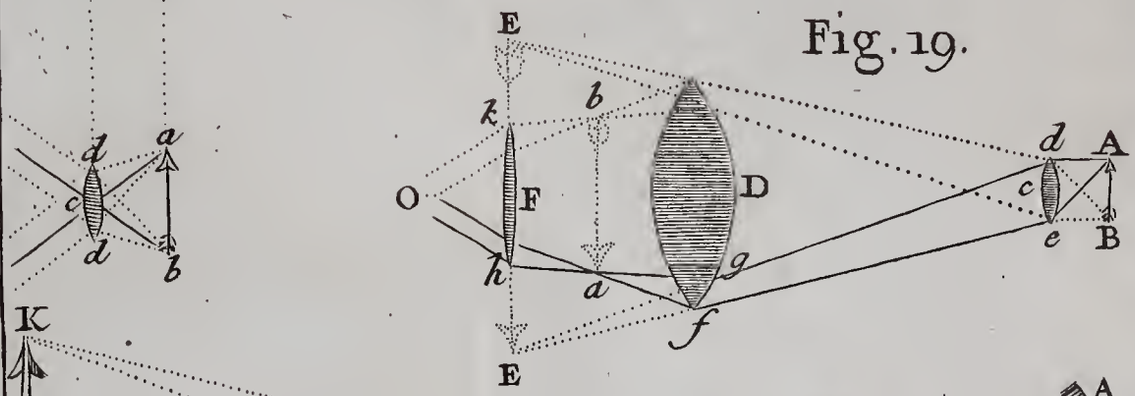


Fig. 21.

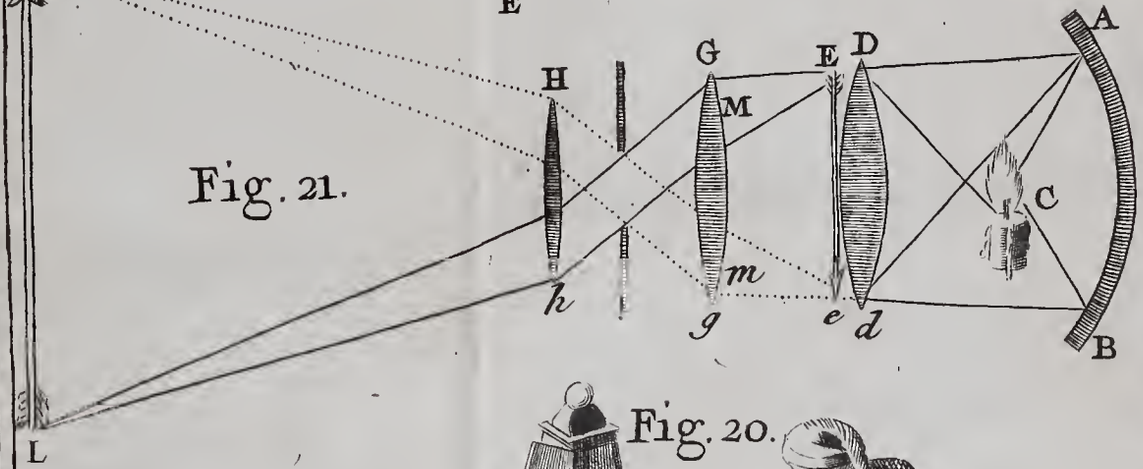
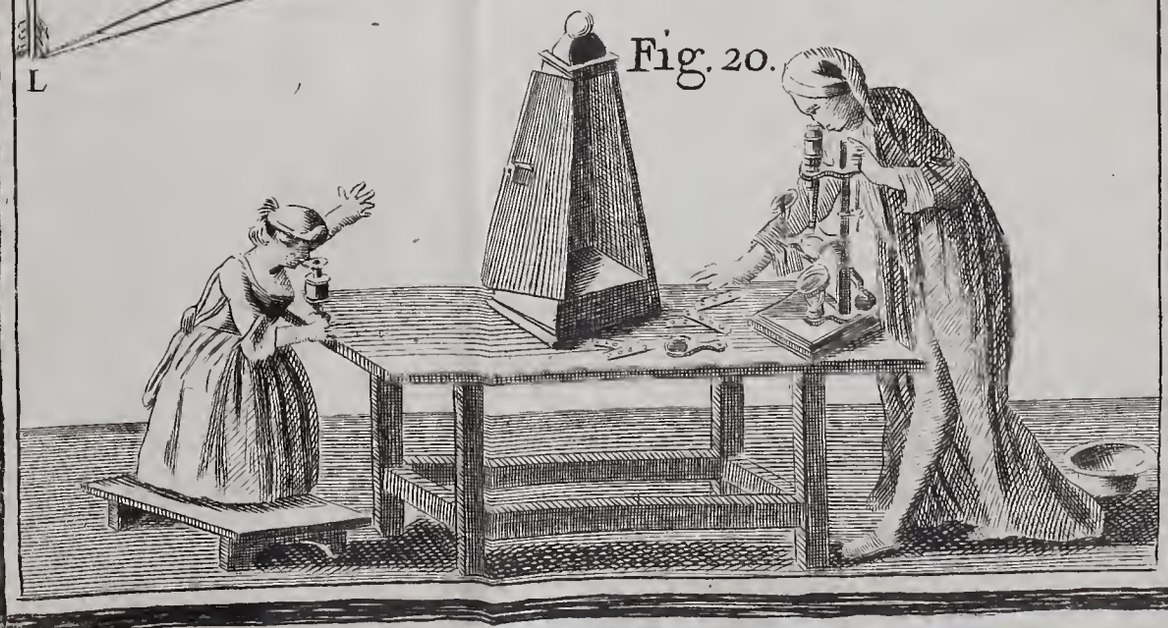


Fig. 20.



Lanterne magique, et Miscroscope solaire.

La lanterne magique est un des ces instruments qu'une trop grande célébrité a presque rendu ridicule aux yeux de bien des gens. On la promene dans les rues, on en divertit les enfants et le peuple; cela prouve, avec le nom qu'elle porte, que ses effets sont curieux et surprenants : et parce que les trois quarts de ceux qui les voient ne sont pas en état d'en comprendre les causes quand on les leur diroit, est-ce une raison pour se dispenser d'en instruire les personnes qui peuvent les entendre ? Si le grand Newton s'est occupé sérieusement à souffler des globes creux, avec de l'eau chargée de savon, n'est-ce point une leçon qui nous apprend, qu'aux yeux d'un philosophe rien ne doit paroître puérile, quand on en peut tirer des instructions ?

Nous tenons la lanterne magique du Pere Kirker, jésuite allemand, qui joignoit à un grand savoir une sagacité singuliere, et une génie fort inventif. La propriété de cette machine est de

XVII. LEÇON.

faire paroître en grand, sur une muraille blanche ou sur une toile tendue dans un lieu obscur, des figures peintes en petit, sur des morceaux de verre mince, et avec des couleurs bien transparentes.

Pour cet effet, on éclaire fortement par derriere le verre peint, qu'on peut appeler *porte-objets*, et l'on place par-devant, à quelque distance l'un de l'autre, deux verres lenticulaires qui rassemblent sur la toile, ou sur la muraille, les rayons divergents qui partent de chaque point de l'objet, et qui laissent diverger entr'eux tous les pinceaux de lumiere formés par ces rayons : rendons ceci sensible par une figure.

AB, *fig.* 21, est un miroir concave de métal ou de glace. *C*, est la flamme d'une très-grosse chandelle, ou d'une lampe placée un peu plus près du miroir que le foyer des rayons paralleles. *Dd* est un verre convexe des deux côtés, et plus large que le porte-objet *Ee*, qui est immédiatement après. A quelque distance de là, est un autre verre lenticulaire *Gg*; et un peu plus loin encore un autre moins convexe *Hh*, et un peu moins large.

Ces deux derniers verres sont mobiles dans un gros tuyau, afin qu'on puisse les éloigner et les approcher l'un de l'autre autant qu'il est nécessaire pour rendre l'image distincte sur la toile. Ce tuyau est attaché au-devant d'une boîte quarrée dans laquelle on renferme le miroir, la lampe et le premier verre lenticulaire ; de sorte qu'il ne passe de lumiere dans la chambre, que celle qui vient au travers du verre peint. Tout étant ainsi disposé, si la figure qui est peinte se trouve renversée comme *E e*, elle paroît sur la muraille amplifiée et droite comme *K L*.

On produit le même effet, et d'une maniere beaucoup plus belle, en faisant tomber derriere le verre peint un gros rayon solaire, par le moyen d'un miroir placé en dehors d'une fenêtre ; mais afin que cette lumiere se distribue plus également, il faut mettre un morceau de papier huilé en place du verre convexe *D*, qui doit être supprimé, ainsi que la lampe et le miroir concave.

L'objet *E e* étant transparent et fortement illuminé par derriere, laisse

XVII. Leçon. passer dans la chambre par tous les points visibles de sa surface, des faisceaux de rayons divergents, comme Em, em, lesquels faisceaux sont inclinés entr'eux vers le verre lenticulaire Gg. Ce verre produit deux effets : il augmente la convergence des faisceaux, qui se croisent bientôt après, et il diminue jusqu'au parallélisme, la divergence des rayons qui les composent. Enfin toute cette lumiere passant encore à travers la lentille Hh, les faisceaux continuent de diverger entr'eux, et les rayons dont ils sont formés se rassemblent dans des points KL, etc., sur la muraille et sur la toile ; et comme ces faisceaux de lumiere se sont croisés entre les deux verres lenticulaires Gg, Hh, ils tracent l'image en sens contraire de l'objet d'où ils sont partis. Pour rendre l'image plus distincte, on met entre les deux verres G, H, où les rayons se croisent, un anneau de bois ou de carton, dont l'ouverture est telle, qu'elle ne laisse passer que la lumiere nécessaire, et régulièrement réfractée par la lentille G. Voyez la *fig.* 22, qui représente toute la machine et son effet dans l'obscurité.

XVII. LEÇON.

Ordinairement les verres peints qui servent d'objets aux lanternes magiques, sont des bandes qui ont 8 ou 10 pouces de longueur, et que l'on fait glisser par une coulisse pratiquée auprès du verre *D d*, à l'endroit où est attaché le tuyau qui porte les deux lentilles *G g*, *H h*, et ces bandes de verre sont simples. Mais dans un voyage que je fis en Hollande en 1736, M. Muschenbroek m'en fit avoir d'autres que je trouvai bien imaginés, en ce que les figures y ont des mouvements qui semblent les animer. L'une est un moulin à vent dont les aîles tournent : l'autre est une femme qui fait la révérence en passant : dans une autre, c'est une mâchoire qui se meut, ou un cavalier qui ôte son chapeau, et qui le remet, etc. On peut voir dans les Essais de Physique de M. Muschenbroek, * comment toutes ces petites manœuvres s'exécutent ; je dirai seulement en général, que cela se fait par le moyen de deux morceaux de verre, dont l'un enchâssé dans un morceau de planche percée à jour, porte une partie de la figure, et l'autre placé par-dessus, et qui n'est chargé que de la partie mo-

* *Page* 625, *in*-4.°

XVII. LEÇON.

bile, se met en mouvement par le moyen d'un cordon, ou d'une petite regle qui glisse dans une coulisse pratiquée dans l'épaisseur de la planche.

En 1743, il nous vint de Londres un nouvel instrument d'Optique sous le nom de *microscope solaire*, inventé peu de temps auparavant par M. Liéberkuyn, de l'académie royale des Sciences de Berlin; c'est à proprement parler, une lanterne magique, éclairée par la lumiere du soleil, et dont le porte-objet, au lieu d'être peint, n'est qu'un petit morceau de verre blanc, que l'on charge d'une goutte de liqueur dans laquelle il y a des insectes, de quelques poussieres ou autres corpuscules transparents: il y a encore cette différence, (qui n'est point essentielle) qu'au lieu des deux lentilles *G*, *H*, *fig.* 21, il n'y en a qu'une d'un foyer fort court.

Supposez donc une chambre bien fermée et bien obscure, qui ait une fenêtre au midi, ou à peu près; qu'il y ait un trou au volet pour introduire un gros rayon du soleil, par le moyen du miroir *A B*, *fig.* 23, placé en dehors; qu'au trou de la fenêtre, soit

ajusté un tuyau garni d'une lentille de verre C, dont le foyer soit à 8 ou 9 pouces de distance. Le petit verre D qui porte l'objet, étant placé dans ce jet de lumiere vive, si l'on approche la lentille E, de maniere que le porte-objet soit un peu plus loin de son foyer, tout ce qui est dessus paroît prodigieusement amplifié sur une muraille, ou sur une toile blanche élevée verticalement à 10 ou 12 pieds de distance vers le fond de la chambre ; et ce qu'il y a de singulier, c'est que les images sont distinctes à toutes sortes de distances de la lentille.

Pour bien entendre la raison de cet effet, il faut savoir que la lentille E est couverte du côté de l'objet avec une petite lame de plomb mince qui n'a d'autre ouverture qu'un trou percé au milieu, comme celui que pourroit faire une épingle ; cela fait que les jets de lumiere qui partent des différents points de l'objet, et qui viennent se croiser dans ce petit trou, restent dans toute leur longueur, comme des rayons simples et fort vifs : ils sont capables par ces deux raisons, de tracer distinctement les images à différentes distances;

XVII. LEÇON.

et parce qu'ils se sont croisés dans la lentille, ils peignent sur le haut de la toile, ce qui est placé en bas sur le petit verre blanc qui porte les objets.

Le microscope solaire est encore plus curieux et plus intéressant que la lanterne magique. Une puce écrasée sur le porte-objet, se voit grosse comme un mouton ; les poussieres de papillon ressemblent à des feuilles d'œillet ; un cheveu paroît gros comme un manche à balai ; et les plus petits insectes qu'on puisse saisir avec la pointe d'une aiguille dans les eaux croupies, se présentent avec des formes et des variétés qu'on ne se lasse point d'admirer ; mais rien n'est si beau que la circulation du sang, observée avec cet instrument dans le mésentere d'une petite grenouille, ou dans la queue d'un têtard : on diroit voir une carte de géographie, dont toutes les rivieres seroient animées par un écoulement réel.

Mais comme l'objet est au foyer d'un verre convexe, il peut y être exposé à un degré de chaleur qui le desseche trop vîte, ou qui le fasse périr : quand on craint cet accident, il faut couvrir une partie du verre lenticulaire, ou placer

l'objet un peu plus près, ou un peu plus loin que le vrai foyer.

Dès les premieres épreuves que je fis du microscope solaire, il me parut propre à étendre les progrès de l'Histoire Naturelle, par la facilité qu'il donne de voir en grand, et de dessiner certaines parties des animaux et des végétaux, qui peuvent acquérir une transparence suffisante par la macération ou autrement. Mais cet instrument, tel qu'il m'est venu d'Angleterre, me laissoit quelque chose à desirer : il n'étoit pas d'un usage commode pour toute sorte d'objets, et il étoit d'un prix assez haut pour faire craindre que tous ceux qui seroient en état de s'en servir utilement, ne pussent l'acquérir sans s'incommoder. Je m'appliquai donc à simplifier sa construction, et à la rnedre telle cependant, qu'on pût examiner tout ce qu'on voudroit : celui qui est représenté par la *fig.* 24, a ce dernier avantage ; et l'ouvrier qui les fait et qui les débite, ne les vend que quarante-huit livres, argent de France (*a*).

(*a*) Je dois avertir ici que depuis la premiere édition de ce volume, j'ai remarqué que ces instruments dont toutes les pièces

XVII. LEÇON.

A B C, fig. 24, est une planche quarrée, dont chaque côté a 7 à 8 pouces. Elle est percée aux quatre coins, pour recevoir 4 vis, avec lesquelles on l'attache sur le volet de la fenêtre, où il y a un trou rond de 5 à 6 pouces de diametre.

Au milieu de cette planche qui fait partie du volet, quand elle y est attachée, est un trou rond dans lequel tourne librement le tuyau *D*, qui porte à l'une de ses extrémités le cercle de bois plat *E e*.

Ce cercle est percé au milieu, pour recevoir un verre lenticulaire qui a près de 2 pouces de diametre, et 9 pouces de foyer; et sur les bords sont fixées deux régles de métal *F f*, qui portent en avant le miroir *G g*.

Ce miroir, qui est en dehors de la fenêtre, et qui sert à jetter la lumiere du soleil sur le verre lenticulaire dont je viens de parler, peut se tourner à droite ou à gauche avec le tuyau *D*, et s'incline plus ou moins quand on

étoient de bois, perdoient quelquefois la liberté de leurs mouvements, j'ai mieux aimé augmenter la dépense d'un tiers pour les rendre plus solides.

tire,

tire, ou quand on pousse la petite lame *H*, qui répond dans la chambre; de sorte que, par ces deux mouvements, on peut toujours le présenter convenablement au soleil, pour faire tomber la lumiere de cet astre dans la direction du tuyau *D*.

K est un autre tuyau qui glisse dans le premier, et au bout duquel est fixée une petite platine de bois dur, ou de buis, au centre de laquelle il y a un rond de 4 à 5 lignes de diametre, et au-dessous, une espece de pince plate, dans laquelle s'engage le verre qui sert de porte-objet; de maniere que ce que l'on a dessein de voir, se trouve vis-à-vis du trou, et que le trou, lorsqu'on fait avancer le tuyau, se met lui-même au foyer du grand verre convexe.

La platine de bois, dont je viens de parler, a une queue qui porte deux petits bouts de tuyau de cuivre qui font ressort, et dans lesquels glissent deux petites tiges d'acier, aux bouts desquelles est fixé le porte-lentille *I*; ainsi, en appuyant doucement avec le doigt, on fait approcher la lentille de l'objet, autant qu'il est nécessaire, pour voir distinctement les

images sur la toile qui est au fond de la chambre.

Cette construction a cela de commode, qu'on peut placer l'objet tout à son aise, et appercevoir quand le rayon solaire tombe en plein sur le petit trou de la lame de plomb qui couvre la lentille : ce qui met l'usage de cet instrument à la portée de tout le monde.

Voilà quels sont les instruments d'Optique les plus connus et les plus usités. Ce que j'en ai dit ne suffiroit pas sans doute, pour quiconque voudroit les construire ou les perfectionner : dans cet ouvrage, qui est purement élémentaire, j'ai cru devoir me borner au seul dessein d'en faire comprendre les effets.

Fin du cinquieme Volume.

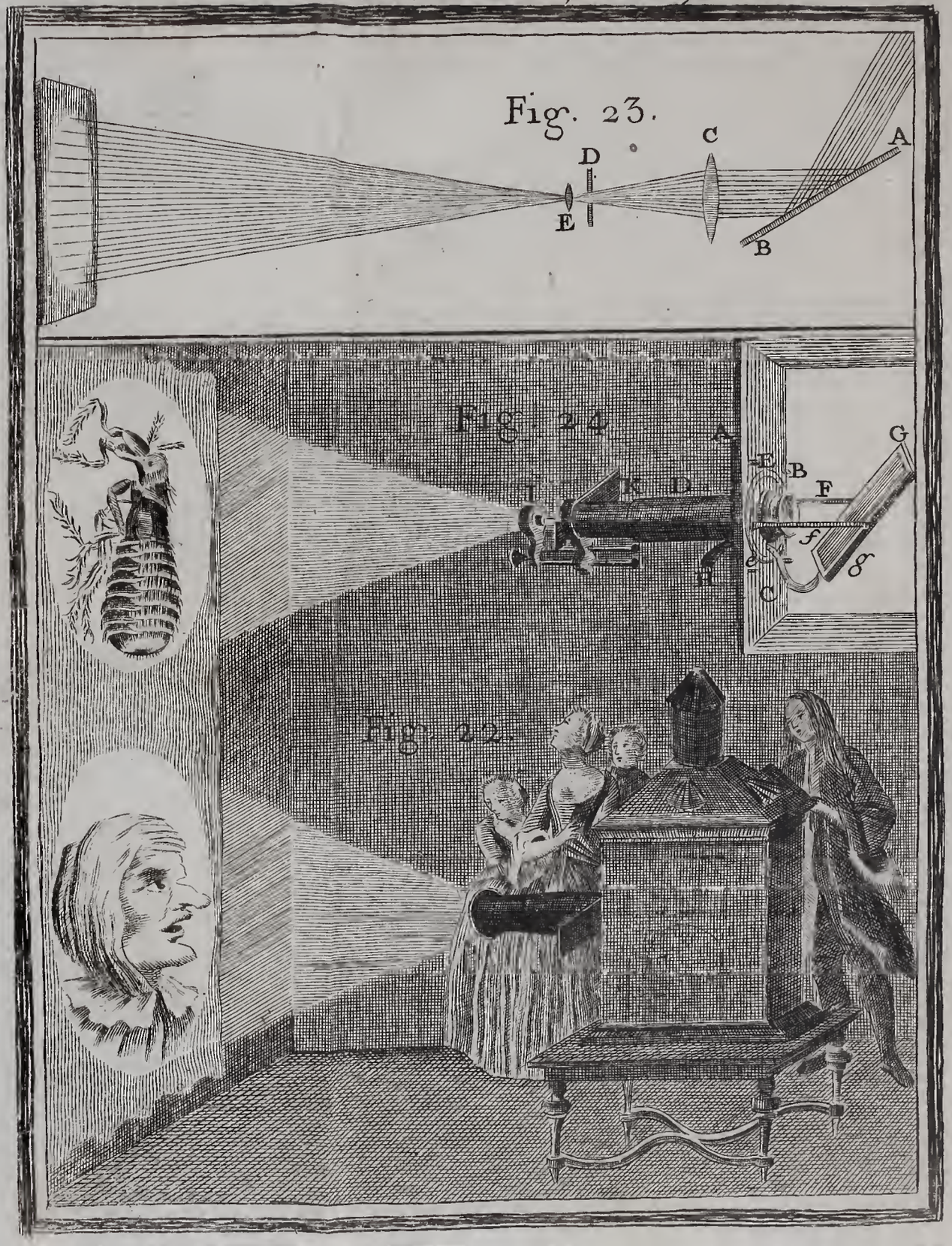


Fig. 23.
A
C
D
E
B
Fig. 24
A
G
F
B
F
f
g
e
C
K
D
H
Fig. 22.

TABLE

DES MATIERES

Contenues dans le cinquieme Volume.

XVe LEÇON.

Sur la Lumiere.

NOTIONS générales, et division des matieres traitées dans ce volume. *Page* 1.

PREMIERE SECTION. De la nature et de la propagation de la lumiere. 4.

Pensee de Descartes, sur la nature et la propagation de la lumiere. 7.

Pensée de Newton sur le même sujet. 9.

PREMIERE EXPÉRIENCE, qui prouve que la lumiere est l'action d'une matiere qui est présente par-tout au dedans comme au dehors des corps. 16.

II. EXP., qui prouve que la matiere de la lumiere qui réside à la superficie des corps, peut être mise en action par la seule clarté du jour. 21.

III. EXP., pour prouver que cette même matiere peut être excitée par l'action du feu. 26.

Histoire des phosphores tant naturels qu'artificiels, *page* 28.
Réflexions sur la vîtesse et sur le mouvement progressif de la lumiere. 46.

SECONDE SECTION. *Des Directions que suit la lumiere dans ses mouvements.* 17.

ART. I. *De la lumiere directe*, ou *des principes de l'Optique proprement dite.* 58.

I. EXP., par laquelle on prouve que la lumiere procédant d'un point radieux, s'étend en forme de rayons divergents. 65.
II. EXP., par laquelle on fait voir que la lumiere qui procede d'un point radieux, s'affoiblit en s'éloignant de ce point, en raison du quarré de la distance. 70.
APPLIC. de ces deux expériences aux phénomenes de la vision qui dépendent de la rectitude des rayons de lumiere, de leur densité et de leur interruption. 72.
III. EXP., qui montre comment de tous les points d'un objet éclairé, il part une infinité de pinceaux ou jets de rayons divergents, qui se croisent à différents endroits et à différentes distances. 90.
IV. EXP., par laquelle on voit que ces jets de lumiere après leur croisement, forment des angles semblables et opposés par leurs sommets à ceux qu'ils formoient avant que de se recontrer. 94.
APPLIC. de ces deux expériences aux phénomenes de la vision qui concernent la formation des images, leur situation, leur

grandeur, leur figure, leur degré de clarté et l'estimation de la distance de l'objet, *page* 97.

XVI. LEÇON.

Sur la Lumiere.

Suite de la seconde Section.

ART. II. *De la lumiere réfléchie, ou des principes de la Catoptrique.*

Discours préliminaire sur la maniere dont les surfaces réfléchissent la lumiere. 142.

I. EXP., par laquelle on apprend que la lumiere fait son angle de réflexion égal à celui de son incidence. 161.

Conséquences de ce principe, exposées par la voie de l'expérience. 168.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence sont réfléchis par un miroir plan. 170.

II. EXP., qui prouve que ces rayons étant réfléchis par un miroir plan, demeurent constamment paralleles comme auparavant. *Ib.*

SECOND CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence sont réfléchis par un miroir plan. 174.

III. EXP., par laquelle on voit que la réflexion causée par le miroir plan, ne change point le degré de divergence des rayons. *Ibid.*

TROISIEME CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence sont réfléchis par un miroir plan, page 171.

IV. EXP., qui montre qu'après une telle réflexion, les rayons conservent leur même degré de convergence. *Ibid.*

APPLICATION des expériences précédentes à l'invention des miroirs et aux différents usages qu'on en peut faire; à la formation des images, à leur distance, à leur grandeur, à leur situation, à leur figure, à leurs mouvements, à leur multiplication, etc. 178.

Effets des miroirs prismatiques et pyramidaux. 193.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence sont réfléchis par un miroir convexe. 196.

V. EXP., par laquelle on voit que la réflexion causée par un miroir convexe diminue la convergence des rayons. *Ibid.*

CINQUIEME CAS.

Si des rayons qui tombent paralleles entr'eux sont réfléchis par un miroir convexe. 197.

VI. EXP., qui prouve que ces rayons deviennent divergents par la réflexion, si le miroir qui les renvoie est convexe. *Ibid.*

SIXIEME CAS.

Si des rayons divergents sont réfléchis par un miroir convexe, page 198.

VII. Exp., qui apprend que ces rayons deviennent plus divergents, étant renvoyés par un miroir convexe. *Ibid.*

Explication de tous ces effets. *Ibid.*

Applic. qu'on en peut faire, pour rendre raison de la foible lumiere qui nous vient des planetes par comparaison à celle du soleil ; du froid qui regne communément sur les montagnes, etc. 202.

Examen des images formées par les miroirs convexes, par rapport à leur grandeur, à leur distance, à leur situation, à leur figure, etc. 204.

SEPTIEME CAS

Si des rayons paralleles sont réfléchis par un miroir concave. 211.

VIII. Exp., par laquelle on fait voir que ces rayons deviennent convergents. *Ibid.*

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergents entr'eux sont réfléchis par un miroir concave. 212.

IX. Exp., qui montre que ces rayons deviennent plus convergents qu'ils ne l'étoient avant de toucher le miroir. *Ibid.*

NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence sont réfléchis par un miroir concave, p. 213.
X. Exp., qui prouve que ces rayons de lumiere deviennent moins divergents. *Ibid.*
Explication de tous ces effets. 214.
Usage des miroirs concaves, pour rassembler les rayons solaires et pour former des foyers. 216.
Expérience curieuse des deux miroirs. 218.
Formation des images par les miroirs concaves; leur distance, leur grandeur, leur situation. 221.
Différentes manieres de former des miroirs concaves d'une ou de plusieurs pieces. 228.
Maniere de mettre au tain ceux que l'on forme d'une seule glace. 230.

Remarque sur les miroirs mixtes.

Effets des miroirs cilindriques. 234.
Raison de ces effets. 236.
Effets des miroirs coniques. 239.
Raison de ces effets. 240.
Art. III. *De la lumiere réfractée*, ou *des principes de la Dioptrique.*
De la réfraction de la lumiere, et des conditions qu'elle exige. 244.
I. Exp., d'où l'on déduit les loix de la réfraction de la lumiere. 248.

Loix de la réfracion de la lumiere.

I. Loi. 253.
II. Loi, avec ses modifications. *Ibid.*
III. Loi. 254.

IV. Loi, page 254.
V. Loi. 255.
Sentiment de Descartes sur les causes de la réfraction de la lumiere. *Ibid.*
Opinions des Newtoniens, sur le même sujet. 260.
Explication de plusieurs faits, concernant la vision des objets qu'on regarde de l'air dans l'eau, ou de l'eau dans l'air. 265.
Remarques sur les réfractions astronomiques. 267.
Apparences trompeuses qui s'ensuivent. 272.
Des routes que suit la lumiere en traversant des milieux plus denses que l'air de l'atmosphere. 274.

PREMIER CAS.

Si des rayons paralleles dans leur incidence, passent d'un milieu rare dans un plus dense, qui soit terminé par une surface plane. 176.
II. Exp., qui prouve, qu'en pareil cas, les rayons réfractés demeurent paralleles entr'eux. *Ibid.*

SECOND CAS.

Si des rayons convergents dans leur incidence traversent un milieu plus dense que l'air, et terminé par deux surfaces planes paralleles entr'elles. 279.
III. Exp., qui fait voir que la convergence de ces rayons diminue, quand ils entrent, et qu'elle augmente quand ils sortent d'un tel milieu. 280.

TROISIEME CAS.

Si des rayons divergents dans leur incidence entrent dans un milieu plus dense ou plus rare, terminé par des surfaces planes et paralleles entr'elles, page 281.

IV. Exp., par laquelle on voit que de tels rayons, en telle circonstance perdent une partie de leur divergence en entrant, et qu'ils la reprennent en sortant. *Ibid.*

Explications des expériences précédentes. 282.

I. Corol., concernant les milieux réfringens terminés par deux surfaces courbes et paralleles. 286.

II. Corol., touchant les milieux réfringens, terminés par des surfaces planes et inclinées entr'elles. 288.

Applications de tous ces effets à la vision des objets qu'on regarde à travers les milieux plus denses que l'air, et qui sont terminés par des surfaces planes, paralleles ou inclinées entr'elles. *Ibid.*

Effets des prismes triangulaires, et des verres à facettes. 295.

QUATRIEME CAS.

Si des rayons paralleles passent d'un milieu rare dans un milieu plus dense, terminé par une surface convexe. 298.

V. Exp., par laquelle on apprend que ces rayons deviennent convergens. *Ibid.*

CINQUIEME CAS.

Si des rayons convergents qui sortent d'un milieu rare, sont reçus dans un milieu plus dense, et terminé par une surface convexe, page 299.

VI. Exp., par laquelle on voit comment ces rayons peuvent devenir plus ou moins convergents qu'ils ne le sont naturellement ou demeurent tels qu'ils sont en passant de l'air dans ce milieu réfringent. *Ibid.*

SIXIEME CAS.

Si des rayons divergents passent d'un milieu rare dans un plus dense, terminé par une surface convexe. 301.

VII. Exp., qui prouve que ces rayons perdent une partie de leur divergence, et qu'ils peuvent devenir paralleles et même convergents. *Ibid.*

Observation sur le point de convergence des rayons de la lumiere réfractée. 303.

Explication de tous ses effets. *Ibid.*

Application de tous ces effets, aux bocaux, et aux lentilles de verre dont on se sert pour former des foyers brûlants, ou pour amplifier les images des objets. 309.

SEPTIEME CAS.

Si des rayons paralleles passent d'un milieu rare dans un milieu dense, terminé par une surface concave. 322.

VIII. Exp., qui prouve que les rayons deviennent divergents, *page* 223

HUITIEME CAS.

Si des rayons convergents passent d'un milieu rare dans un milieu dense qui soit terminé par une surface concave. 323.

IX. Exp., qui fait voir que ces rayons deviennent nécessairement moins convergents qu'ils ne l'étoient, et qu'ils peuvent devenir paralleles et même divergents. *Ib.*

NEUVIEME CAS.

Si des rayons divergents sortent d'un milieu rare pour entrer dans un milieu plus dense, qui soit terminé par une surface concave. 326.

X. Exp., qui montre que ces rayons peuvent ne souffrir aucun changement, et qu'ils peuvent aussi devenir plus ou moins divergents qu'ils ne le sont naturellement. *Ibid.*

Explication de tous ces effets. 327.

Propriétés et usages des verres concaves. 328.

XVIIe LEÇON.

Suite des Propriétés de la Lumiere.

TROISIEME SECTION. *De la Lumiere décomposée* ou *de la nature des Couleurs.*

Différentes manieres de considérer les couleurs. 336.

ART. I. *Des couleurs considérées dans la Lumiere.*
Histoire de la découverte de Newton, *p.* 341.
I. EXP., qui donna occasion à cette découverte. 344.
Conjectures qui servirent d'abord d'explication à l'expérience du prisme. 349.
II. EXP., par laquelle on voit qu'une seconde réfraction ne détruit pas les effets produits par la premiere. 354.
Raison de cet effet. 355.
III. EXP., par laquelle on voit que l'image colorée produite par le prisme de la premiere expérience, est un assemblage de cercles de lumiere de différentes couleurs. 357.
IV. EXP., qui prouve que les rayons de lumiere sont constamment plus réfrangibles les uns que les autres. 360.
V. EXP., qui confirme cette vérité. 362.
VI. EXP., par laquelle on voit que les rayons qui sont les plus réfrangibles sont aussi les plus réflexibles. 366.
VII. EXP., par laquelle on fait voir sept especes de lumiere de différentes couleurs bien distinctes. 372.
VIII. EXP., qui prouve que la couleur de chaque rayon homogene est inaltérable. 377.
IX. EXP., par laquelle on voit que les couleurs composées qui imitent celles des rayons homogenes, ne sont point indécomposables comme elles. 385.
X. EXP., qui prouve que la privation de couleur, dans la lumiere hétérogene, vient

du mélange complet de tous les rayons simples, *page* 390.
Explication des apparences qu'on observe en regardant les objets éclairés au travers d'un prisme. 394.
Effets semblables à celui du prisme. 401.
Différence des rayons les plus réfrangibles à ceux qui le sont le moins, déterminées par Newton. 405.
Conséquence de cette différence, par rapport aux télescopes de réfraction. *Ibid.*
Explication de l'Iris ou de l'*Arc-en-Ciel*. 409.
Expérience qui fait voir comment naissent les couleurs qu'on observe dans ce phénomene. 410.

ART. II. *Des couleurs considérées dans les objets et dans le sens de la vue.*

Conjectures sur la maniere dont les rayons homogenes sont réfléchis par les surfaces, ou transmis par les épaisseurs des corps. 418.
I. EXP., de laquelle on peut conclure que la réflexion et la transmission de telle ou telle espece de lumiere, dépend du degré de ténuité des parties qui composent les corps qu'on nomme *colorés*. 426.
II. EXP., dans laquelle on produit plusieurs faits qui rendent cette supposition très-plausible. 431.
Raisons de plusieurs effets naturels, tirées de cette expérience. 436.
Influence de l'air sur plusieurs changements de couleurs. 438.

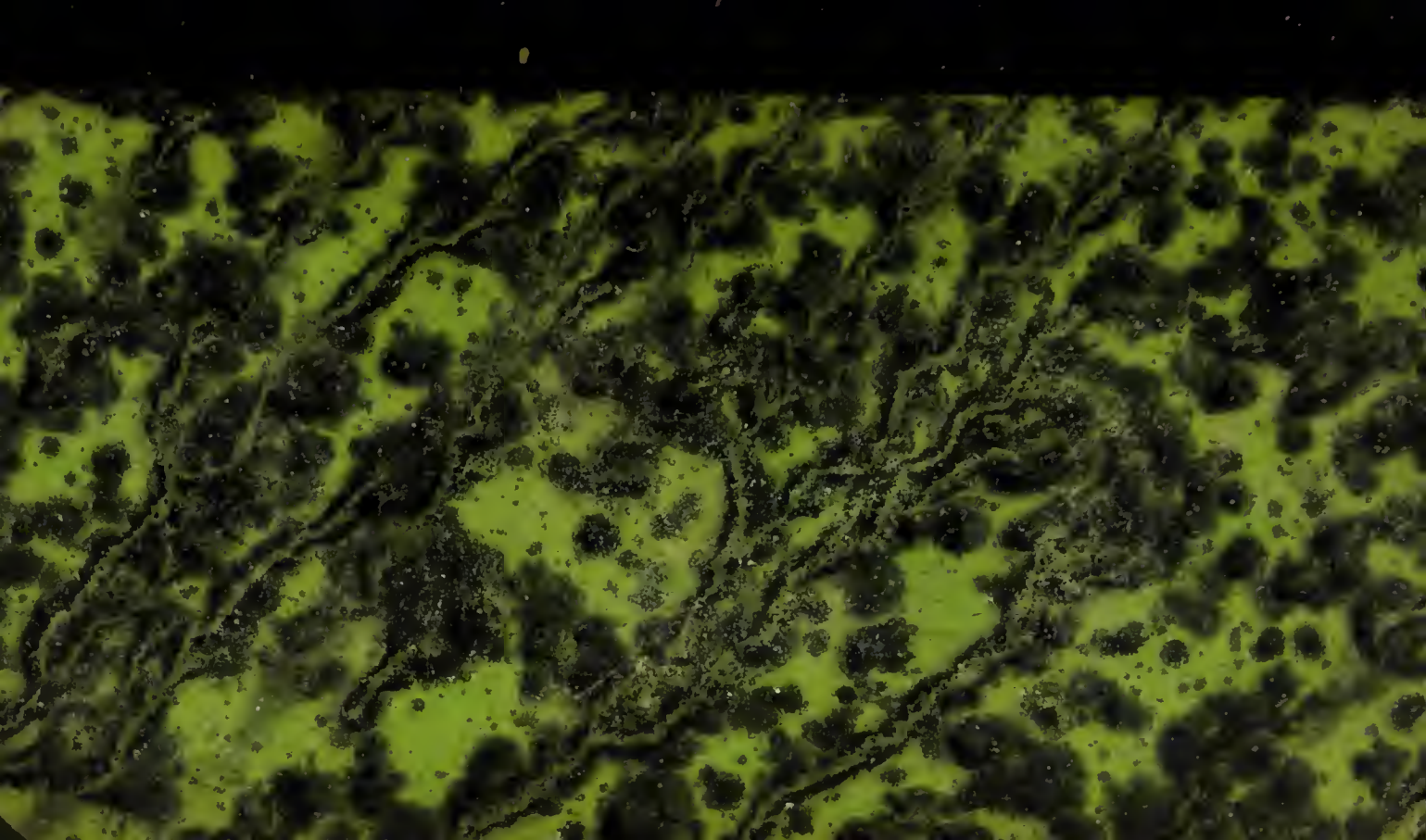
Changements de couleurs causés par les fermentations, *page* 445.
Précautions de pratique, pour rendre les couleurs fixes. 446.
Causes de la transparence et de l'opacité. 448.
III. Exp., qui prouve que la transparence a pour principale cause l'homogénéité des parties. 450.
Observation de plusieurs faits qui concourent à prouver la même chose. 451.
IV. Exp., par laquelle on prouve que l'opacité vient d'un assemblage de parties hétérogenes, et d'une porosité irréguliere et mal alignée. 454.
Explication de plusieurs effets qui ont rapports à cette expérience. 456.

QUATRIEME SECTION. *Sur la vision et sur les instruments d'Optique.*

Deux sortes de visions à distinguer. 461.
Art. I. *De la vision naturelle.*
Descriptipn de l'œil, et ses fonctions 464.
I. Exp., qui représente artificiellement la vision. 472.
Deux couleurs considérées dans le sens de la vue. 507.
Des couleurs accidentelles. 510.
Vision des objets noirs. 515.

Art. II. *De la vision aidée par les instruments d'Optique.*

Invention et usage des lunettes, tant convexes que concaves. 519.
Leurs propriétés démontrées par une expérience. 528.

Chambre noire ; par qui inventée, *page* 529.
Description et usage d'une Chambre noire très-portative et très-commode. 532.
Polèmoscopes de différentes façons. 535.
Boîtes optiques de différentes constructions, avec l'explication de leurs effets. 537.
Télescopes de réfraction et de réflexion, leur histoire ; leur usage et l'explication de leurs effets. 540.
Microscopes simples et composés ; depuis quand inventés ; raisons de leurs effets. 557.
Lanterne magique ; son auteur ; sa construction ; explication de ses effets. 567.
Microscope solaire ; dans quel temps et par qui inventé ; sa description, et l'explication de ses effets. 572

Fin de la Table des Matieres du Tome cinquieme.